



**DISTRIBUSI SPASIAL DAN TEMPORAL IKAN TERBANG
(*Beloniformes : Exocoetidae*) DI SELAT MAKASSAR**

**DISERTASI
UNTUK MEMENUHI PERSYARATAN MEMPEROLEH GELAR DOKTOR**

**OLEH :
INDRAYANI
NIM. 177080100111015**

**PROGRAM DOKTOR ILMU PERIKANAN DAN KELAUTAN
MINAT MANAJEMEN DAN TEKNOLOGI PERIKANAN TANGKAP
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

M A L A N G

2021

**DISTRIBUSI SPASIAL DAN TEMPORAL IKAN TERBANG
(*Beloniformes : Exocoetidae*) DI SELAT MAKASSAR**

DISERTASI

Oleh :

Nama : Indrayani
NIM : 177080100111015
Program Studi : Doktor Ilmu Perikanan dan Kelautan
Minat : Manajemen Dan Teknologi Perikanan Tangkap

Menyetujui

KOMISI PEMBIMBING
Promotor



Dr. Ir. Dewa Gede Raka Wiadnya, M.Sc

Ko-Promotor 1



Dr. Eng. Abu Bakar Sambah, S.Pi, MT

Ko-Promotor 2



Andi Kurniawan, S.Pi, M.Eng, D.Sc



Mengetahui

Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan

Prof. Dr. Ir. Maftuch, M.Si
NIP. 196608251992031001

IDENTITAS TIM PENGUJI DISERTASI

Judul Disertasi : Distribusi Spasial dan Temporal Ikan Terbang
(*Biloneformes Exocoetidae*) Di Selat Makassar

Nama : Indrayani

NIM : 177080100111015

Program Studi : Ilmu Perikanan dan Kelautan

Komisi Promotor

Promotor : Dr. Ir. Dewa Gede Raka Wiadnya, M.Sc

Ko-Promotor : Dr. Eng. Abu Bakar Sambah, S.Pi, MT

Andi Kurniawan, S.Pi, M.eng, D.Sc

Tim Penguji : Ir. Aida Sartimbul, M.Sc, Ph.D

Dr. Ir. Gatut Bintoro, M.Sc

Dr. Agung Pramana Warih Marhendra, M.Si

Dr. Mukti Zainuddin, S.Pi, M.Sc

Tanggal Ujian : 15 Juli 2021

SK Penguji : Nomor 104 Tahun 2021



PERNYATAAN ORISINALITAS DISERTASI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya didalam naskah DISERTASI ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata dalam naskah ini terdapat unsur-unsur plagiasi, saya bersedia digugurkan dan gelar akademik saya dibatalkan, serta diproses dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No.20 tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 10 Juli 2021

Yang menyatakan



Indrayani

Nim.177080100111015

Scanned by TapScanner

DocuSign Envelope ID: 1746E8AC-1C33-4445-A097-7F99CE311B52



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI**

FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

BADAN PENERBITAN JURNAL

JL. Veteran Malang 65145 Telp. +62341 553512; Fax. +62341 557837

Email : jfmr@ub.ac.id <https://jfmr.ub.ac.id>

SURAT KETERANGAN HASIL DETEKSI PLAGIASI

Nomor : 107/UN10.F06.08/PP/2021

Berdasarkan hasil pemindai atas nama :

Nama : Indrayani
NIP : 177080100111015
Program Studi : Doktor Ilmu Perikanan dan Kelautan
Judul : Distribusi Spasial Dan Temporal Ikan Terbang (Beloniformes :
Exocoetidae) Di Selat Makassar

Dengan ini kami sampaikan bahwa kami telah melakukan deteksi plagiasi disertasi tersebut diatas dengan basis data online melalui perangkat lunak Turnitin dan menghasilkan persentase kemiripan 5%.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebaik-baiknya.

Malang, 9 Juli 2021

Ketua Badan Penerbitan Jurnal

Dr. Eng. Abu Bakar Sambah, S.Pi., M.T.

NIP. 197807172 200502 1 004

RINGKASAN

INDRAYANI. Program Doktor Ilmu Perikanan dan Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya. Distribusi Spasial dan Temporal Ikan Terbang (*Beloniformes* : *Exocoetidae*) di Selat Makassar. Dibimbing oleh Promotor Dr. Ir. Dewa Gede Raka W, M.Sc, Ko promotor Dr. Eng Abu Bakar Sambah, S.Pi, M.Sc dan Andi Kurniawan, S.Pi, M.eng, D.Sc.

Ikan terbang merupakan spesies ekonomis penting di Selat Makassar, baik ikan maupun telurnya. Ikan terbang memiliki ciri khas pada sirip pectoral yang lebih panjang. Fishing base ikan terbang di Selat Makassar terletak di Kabupaten Majene Sulawesi Barat dengan alat tangkap gillnet. Dalam proses mencari makan ikan terbang menyukai makanan dari zooplankton dan fitoplankton. Kegiatan penangkapan ikan terbang di Selat Makassar ditemukan spesies yang beranekaragam dan hasil tangkapan yang berfluktuasi setiap bulannya. Ikan terbang masuk dalam rencana pengelolaan perikanan WPP 713 yang telah dituangkan dalam Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 69/2016 tentang Rencana Pengelolaan Perikanan Ikan Terbang. Namun kajian terkait spesies dan daerah potensial penangkapan ikan terbang di Selat Makassar belum dilakukan sehingga identifikasi spesies secara morfologi dan genetik untuk dapat memberikan informasi lebih lengkap terkait spesies ikan terbang yang ada di Selat Makassar. Penelitian ini bertujuan untuk: (1) analisis ciri masing – masing spesies dari kelompok ikan terbang (*Exocoetidae*) tertangkap di perairan Selat Makassar secara morfologi dan genetik; (2) analisis potensi wilayah tangkap ikan terbang berdasarkan lokasi dan waktu penangkapan menggunakan model GAM dan HSI; (3) analisis hubungan antara distribusi hasil tangkapan ikan terbang *Exocoetidae* dengan klorofil-a, suhu permukaan laut dan *upwelling*.

Penelitian dilaksanakan di perairan Selat Makassar Kabupaten Majene Sulawesi Barat. Pengambilan data dan sampel dilakukan selama 1 tahun (Januari – Desember 2019). Parameter yang diamati meliputi ikan terbang yang tertangkap, jumlah hasil tangkapan (kg), posisi (lintang dan bujur) daerah penangkapan, waktu penangkapan, klorofil-a dan suhu permukaan laut harian, mingguan dan bulanan selama tahun 2019. Analisis data, data genetik dianalisis melalui BLAST dengan *software* MEGA 10. Sedangkan data wilayah penangkapan dianalisis melalui model GAM (*general additive model*), HSI (*habitat suitability index*) dan *upwelling* dengan *software* R-studio 1.3.959 dan *software* ArcGIS 10.2. Hasil dari analisis data diperoleh; (1) spesies ikan terbang yang dominan selama penelitian adalah *Hirundinichthys oxycephalus* serta 9 jenis spesies ikan terbang dari 4 genus teridentifikasi secara genetik dan 2 diantaranya merupakan temuan pertama di perairan Selat Makassar (*Cheilopogon spilopterus* dan *Cypselurus callopterus*); (2) hasil tangkapan tertinggi ikan terbang terjadi pada bulan Juni dan Juli, sedangkan hasil tangkapan terendah pada bulan oktober. Suhu permukaan laut yang hangat dan konsentrasi klorofil-a yang tinggi ditemukan masing-masing pada bulan Oktober dan Juni. Sedangkan suhu permukaan laut yang lebih dingin (rendah) ditemukan pada bulan Januari dan Februari, sedangkan konsentrasi klorofil-a yang rendah ditemukan pada bulan Maret dan April. Hasil pemodelan GAM menunjukkan bahwa suhu permukaan laut berpengaruh pada keberadaan ikan terbang dengan nilai 0,0001172 ($p < 0,0001$) kemudian diikuti dengan konsentrasi klorofil-a dengan nilai 0,0002341 ($p < 0,0001$). Hasil model GAM dan HSI menunjukkan suhu permukaan laut yang optimal bagi keberadaan ikan terbang *Exocoetidae* antara 29.00 – 31.00°C dan untuk konsentrasi klorofil-a berada pada kisaran 0.14

– 0.24 mg/m³. Hasil spasial dengan menggunakan model GAM dapat direkomendasikan untuk pemetaan wilayah potensial penangkapan ikan terbang berdasarkan hasil analisis *Kappa kohen* dengan nilai 0,730 (korelasi baik antara data simpan dan peta spasial tahun 2019), hasil spasial model HSI menunjukkan pada bulan Juni hingga bulan September indeks kesesuaian mengarah ke utara perairan Selat Makassar, posisi tersebut kemungkinan merupakan parameter lingkungan yang sesuai (indikator kuat) pada proses kejadian pemijahan induk ikan terbang, dimana kegiatan penangkapan telur ikan oleh nelayan majene dimulai pada bulan Juli dan berakhir pada bulan Agustus yang mengarah ke wilayah Provinsi Sulawesi Tengah. (3) Hasil analisis *upwelling* mingguan menunjukkan fenomena *upwelling* terjadi pada minggu ke empat bulan Maret dengan intensitas kuat dan diikuti jumlah tangkapan ikan terbang yang tinggi dan *upwelling* lemah ditemukan pada bulan Januari diikuti dengan hasil tangkapan ikan terbang yang rendah, namun ditemukan juga hasil tangkapan ikan terbang yang sangat tinggi pada *upwelling* lemah yakni pada minggu ke 3 bulan Juni, hal ini ditunjukkan dengan suhu permukaan laut yang dingin dan konsentrasi klorofil-a yang rendah. Fenomena *upwelling* pada minggu ketiga Bulan Juni dapat dijelaskan secara baik dari hasil analisis fenomena *upwelling* tiap bulannya di tahun 2019, dimana bulan Juni konsentrasi klorofil-a rendah dan konstan yang dimulai pada bulan Mei hingga bulan September, dugaan fenomena ini terkait dengan kekuatan arah angin, ketersediaan unsur hara seperti nitrat dan fosfat, yang pada gilirannya akan digunakan untuk pertumbuhan fitoplankton sebagai awal rantai makanan. Adapun ikan yang tinggi hal ini disebabkan karena migrasi ikan terbang dari perairan utara ke perairan selatan Selat Makassar pada bulan-bulan tertentu dengan melimpah. Hasil analisis *upwelling* berdasarkan kriteria suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil-a, menunjukkan selama bulan Mei hingga September suhu permukaan laut di perairan selat Makassar lebih dingin (rendah) antara 28 - 30°C dan konsentrasi klorofil-a juga menunjukkan nilai yang rendah antara 0.27 – 0.31 mg/m³, sedangkan arah angin bergerak dari arah barat laut ke tenggara secara konstan., konsentrasi klorofil-a yang tinggi ditemukan pada bulan April, Maret dan Januari, namun fenomena ini tidak disebabkan oleh *upwelling*. Hasil tangkapan ikan terbang di wilayah perairan Selat Makassar selama satu tahun pada tahun 2019, ditemukan penangkapan terbaik berturut-turut pada bulan Juni, Juli, Mei, Agustus dan rendah pada bulan September. Sedangkan hasil tangkapan ikan terbang di bulan lain diperoleh hasil tangkapan yang kurang baik. Hasil tangkapan yang tinggi beririsan dengan fenomena *upwelling* di perairan Selat Makassar. Berdasarkan analisis *upwelling* bulanan, hipotesis atau dugaan bahwa peningkatan tangkapan ikan terbang di bulan Mei (awal), Juni (puncak), Juli (puncak), Agustus (akhir) hingga September (akhir) tahun 2019 yang berada di wilayah penelitian bukan saja ikan terbang lokal namun ikan terbang yang bermigrasi dari luar dan masuk ke perairan Indonesia yakni bermigrasi dari utara ke selatan di perairan selat Makassar. Migrasi ini dikarenakan intuisi ikan terbang terhadap pola keberadaan makanan (fitoplankton) dan lingkungan (suhu permukaan laut) yang hangat kurang disenangi seperti pada bulan Januari, Februari, Maret, April, Oktober, November dan Desember. Hasil analisis DNA memperkuat bahwa ikan terbang yang ada perairan Selat Makassar bukan ikan lokal, dimana temuan pertama di Indonesia ikan terbang *Cypselurus callopterus* yang sebelumnya hanya ditemukan di perairan Meksiko dan perairan Ekuador serta *Cheilopogon spilonotopterus* yang sebelumnya hanya ditemukan di perairan Teluk Banggala India.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah Subehana Watala, Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala nikmat, kesehatan, dan kesempatan yang telah diberikanNya kepada penulis. Anugerah yang tiada batas menjadi kekuatan bagi penulis untuk menyelesaikan laporan disertasi ini. Shalawat dan Salam dihaturkan kepada Nabi Muhammad SAW serta para penerusnya tidak pernah berhenti mengajarkan arti perjuangan. Sejarah perjalanan hidup mereka menjadi motivasi untuk terus berkontribusi bagi pembangunan sesuai dengan kapasitas keilmuan penulis.

Ikan terbang *Exocoetidae* yang memiliki ciri khas dan pemanfaatan di Selat Makassar menjadi awal untuk mengeksplorasi lebih dalam tentang spesies ini. Sejak tahun 2009, penulis telah meneliti ikan ini pada bidang oseanografi. Namun kerja penelitian belum selesai, masih banyak gap dan hal-hal yang perlu dikaji lebih mendalam. Pada kesempatan pendidikan doctoral ini, penulis menempatkan ikan terbang sebagai objek yang diteliti lebih mendalam pada identifikasi molekuler dan faktor oseanografi yang berpengaruh.

Hasil penelitian yang dicapai diharapkan dapat menjadi fundamental bagi penelitian selanjutnya maupun aplikasi dalam pengembangan serta pengelolaannya. Penggunaan sekuens DNA ikan terbang (*Exocoetidae*) berbasis gen COI pada gen bank dapat menjadi pembanding analisa molekuler lainnya, serta prediksi wilayah potensial penangkapan mampu memberikan kontribusi optimal bagi nelayan didasari dari penelitian ini.

Malang, 10 Juni 2021

Indrayani

DAFTAR ISI

	Halaman
PERNYATAAN ORISINALITAS DISERTASI	iviii
CEK PLAGIASI DISERTASI	viii
RINGKASAN	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
GLOSARIUM	xviii
BAB I. PENDAHULUAN	33
1.1. Latar Belakang	33
1.2. Identifikasi Masalah	35
1.3. Rumusan Masalah	39
1.4. Tujuan Penelitian	39
1.5. Manfaat Penelitian	40
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	41
2.1. Famili : <i>Exocoetidae</i>	41
2.2. Faktor Oseanografi	44
2.2.1. Suhu Permukaan Laut	45
2.2.2. Klorofil-a	47
2.2.3. <i>Upwelling</i>	49
2.3. Pendekatan Penentuan Kawasan Potensi Penangkapan Ikan	50
2.3.1. Musim dan Daerah Penangkapan	50
2.3.2. Penentuan Daerah Potensi Penangkapan Ikan	51
2.3.3. Aplikasi Data Citra Dengan GAM (Generalized Additive Model) dan HSI (<i>Habitat Suitability Index</i>)	53
2.4. Keragaman Populasi	55
MN Nessa dan UH Slamet (1985)	56
Prospek dan pengembangan komoditi ekspor sumberdaya hayati akuatik di Indonesia Timur	56
Ali, <i>et al</i> 2004	56
Musim Dan Kelimpahan Ikan Terbang (<i>Exocoetidae</i>) Di Sekitar Kabupaten Takalar (Laut Flores) Sulawesi Selatan	56

A Blake dan GA Campbell (2007).....	58
Conflict over flying fish: The dispute between Trinidad dan Tobago and Barbados	58
BAB III. KERANGKA KONSEP	59
3.1. Kerangka Pikir.....	59
3.2. Kerangka Operasional.....	63
BAB. IV METODE PENELITIAN	65
4.1. Waktu dan Tempat.....	65
4.2. Metode Pengumpulan Data.....	65
4.2.1. Persiapan Penelitian.....	66
4.2.2. Penelitian Tahap I : Identifikasi Spesies.....	66
4.2.3. Penelitian Tahap II : Analisis kawasan potensial peangkapan ikan terbang berdasarkan model HSI dan GAM	69
4.2.4. Penelitian Tahap III : Analisis kawasan potensial peangkapan ikan terbang berdasarkan model <i>Upwelling</i>	73
BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	76
5.1. Ikan Terbang <i>Exocoetidae</i>	76
5.2. Analisis pohon filogenetik.....	78
5.3. Profil Suhu Permukaan Laut, Klorofil-a dan Hasil tangkapan tahun 2019.....	86
5.4. Hasil Tangkapan Ikan Terbang	90
5.5. Penentuan Kawasan Potensi Penangkapan Ikan	94
5.5.1. Uji Normalitas Data Hasil Tangkapan	94
5.5.2. Analisis SI Untuk Penentuan Area Potensial Penangkapan Ikan Terbang <i>Exocoetidae</i>	95
5.5.3. Kawasan Potensi Penangkapan Ikan terbang Terbang <i>Exocoetidae</i> Berdasarkan Analisis SI	103
5.5.4. Analisis GAM Untuk Penentuan Area Potensial Penangkapan Ikan Terbang <i>Exocoetidae</i>	121
5.5.5. Kawasan Potensi Penangkapan Ikan terbang Terbang <i>Exocoetidae</i> Berdasarkan Analisis GAM.....	124
5.5.6. Analisis <i>Upwelling</i> sebagai penentuan Area Potensial Penangkapan Ikan Terbang <i>Exocoetidae</i>	141
5.5.7. Kawasan Potensi Penangkapan Ikan terbang Terbang <i>Exocoetidae</i> Berdasarkan Analisis <i>Upwelling</i>	142
5.6. Novelty Penelitian	165
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN.....	167
6.1. Kesimpulan	167

6.2. Saran

167

LAMPIRAN

174

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Sebaran Lokasi Temuan Ikan Terbang <i>Exocoetidae</i> Di Indonesia	43
2. Komposisi makanan ikan terbang <i>Hirundichthys oxycephalus</i> dan <i>Cheilopogon cyanopterus</i> yang tertangkap di Selat Makassar	48
3. Data prediksi <i>upwelling</i>	73
4. Penciri morfologi dari genus ikan terbang <i>Exocoetidae</i>	76
5. Total data lokasi penangkapan ikan terbang <i>Exocoetidae</i> menurut waktu pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian	91
6. Berat rata-rata Hasil Tangkapan, Frekuensi Penangkapan dan indeks kesesuaian bagi ikan Terbang terhadap konsentrasi klorofil-a	96
7. Rata-rata berat badan, frekuensi dan indeks kesesuaian ikan terbang <i>Exocoetidae</i> terhadap kisaran suhu permukaan laut	100
8. Hasil analisis GAM (ANOVA non-parametrik) tentang pengaruh klorofil-a dan suhu permukaan laut terhadap hasil tangkapan ikan terbang <i>Exocoetidae</i>	121



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka Konsep	62
2. Kerangka Operasional	64
3. Peta Lokasi Penelitian.....	65
4. Variabel Morfometrik.....	67
5. Pohon filogenetik <i>Exocoetus monochirrus</i>	80
6. Pohon filogenetik genus <i>Cheilopogon</i>	82
7. Pohon filogenetik genus <i>Hirundichthys</i>	83
8. Pohon filogenetik genus <i>Cypselurus</i>	85
9. Lokasi Penangkapan Ikan Terbang (<i>Exocoetidae</i>) di sebagian Perairan Selat Makassar Indonesia.....	88
10. Grafik rerata hasil Tangkapan (Kg) Ikan Terbang Setiap Bulan tahun 2019.....	89
11. Grafik rerata Suhu Permukaan Laut (°C) Setiap Bulan tahun 2019.....	89
12. Grafik rerata Konsentrasi Klorofil-a (mg/m ³) Setiap Bulan tahun 2019.....	89
13. Grafik distribusi ikan terbang berdasarkan konsentrasi klorofil a di perairan Selat Makassar. Distribusi ikan sebagian besar berada dalam kisaran konsentrasi klorofil-a antara 0,14-0,24 mg/m ³	93
14. Grafik distribusi ikan terbang berdasarkan konsentrasi suhu permukaan laut di perairan Selat Makassar. Distribusi ikan sebagian besar berada dalam kisaran konsentrasi suhu permukaan laut antara 29,00 – 31,00°C.....	93
15. Grafik plot probabilitas data tangkapan ikan terbang <i>Exocoetidae</i>	94
16. Grafik rata-rata tangkapan ikan Terbang pada konsentrasi klorofil-a yang berbeda. Berat rata-rata hasil tangkapan ikan terbang yang tertinggi ada pada kisaran konsentrasi klorofil-a 0,139-0,238 mg/m ³	97
17. Grafik frekuensi penangkapan ikan terbang <i>Exocoetidae</i> terhadap konsentrasi klorofil-a yang berbeda. Frekuensi penangkapan ikan tertinggi pada kisaran konsentrasi klorofil-a 0,14-0,24 mg/m ³	98
18. Grafik frekuensi kumulatif terhadap konsentrasi klorofil-a. Frekuensi tangkapan kumulatif dengan perbedaan gradien maksimum adalah pada kisaran konsentrasi klorofil-a 0,14-0,24 mg/m ³	99
19. Grafik indeks kesesuaian untuk klorofil-a. Indeks kesesuaian tertinggi berada dalam kisaran konsentrasi klorofil-a 0,30-0,40 mg/m ³	99
20. Grafik hasil tangkapan rata-rata ikan terbang <i>Exocoetidae</i> pada suhu permukaan laut yang berbeda. Berat rata-rata hasil tangkapan sebagian besar ikan tinggi berada pada kisaran suhu permukaan laut 30.00-31.00 C.....	101
21. Grafik frekuensi penangkapan ikan terbang <i>Exocoetidae</i> pada suhu permukaan laut yang berbeda. Frekuensi memancing terbanyak tinggi berada pada kisaran suhu permukaan laut 30.00-31.00 C.....	101

22. Grafik frekuensi kumulatif terhadap suhu permukaan laut. Frekuensi tangkapan kumulatif dengan perbedaan gradien maksimum adalah pada suhu permukaan laut berkisar antara 29.00-31.00 C.....	102
23. Grafik indeks kesesuaian suhu permukaan laut. Indeks kompatibilitas suhu permukaan laut tertinggi berada pada kisaran 29.00-31.00 C.....	102
24. Peta prediksi zona potensial penangkapan ikan terbang <i>Exocoetidae</i> di perairan Selat Makassar pada tanggal 6 Januari 2019. Area potensial untuk penangkapan ikan dilakukan di daerah pantai hingga lepas pantai	105
25. Peta prediksi zona potensi penangkapan ikan terbang <i>Exocoetidae</i> di perairan Selat Makassar pada tanggal 25 Februari 2019. Area potensial untuk penangkapan ikan dilakukan di daerah pantai hingga lepas pantai	106
26. Peta prediksi zona potensi penangkapan ikan terbang <i>Exocoetidae</i> di perairan Selat Makassar pada tanggal 22 Maret 2019. Area potensial untuk penangkapan ikan dilakukan di daerah pantai hingga lepas pantai	107
27. Peta prediksi zona potensi penangkapan ikan terbang <i>Exocoetidae</i> di perairan Selat Makassar pada tanggal 16 April 2019. Area potensial untuk penangkapan ikan dilakukan di daerah pantai hingga lepas pantai	108
28. Peta prediksi zona potensi penangkapan ikan terbang <i>Exocoetidae</i> di perairan Selat Makassar pada tanggal 19 April 2019. Area potensial untuk penangkapan ikan dilakukan di daerah pantai hingga lepas pantai	109
29. Peta prediksi zona potensi penangkapan ikan terbang <i>Exocoetidae</i> di perairan Selat Makassar pada tanggal 20 Mei 2019. Area potensial untuk penangkapan ikan dilakukan di daerah pantai hingga lepas pantai	110
30. Peta prediksi zona potensi penangkapan ikan terbang <i>Exocoetidae</i> di perairan Selat Makassar pada tanggal 21 Mei 2019. Area potensial untuk penangkapan ikan dilakukan di daerah pantai hingga lepas pantai	111
31. Peta prediksi zona potensi penangkapan ikan terbang <i>Exocoetidae</i> di perairan Selat Makassar pada tanggal 23 Juni 2019. Area potensial untuk penangkapan ikan dilakukan di daerah pantai hingga lepas pantai	112
32. Peta prediksi zona potensi penangkapan ikan terbang <i>Exocoetidae</i> di perairan Selat Makassar pada tanggal 24 Juni 2019. Area potensial untuk penangkapan ikan dilakukan di daerah pantai hingga lepas pantai	113
33. Peta prediksi zona potensi penangkapan ikan terbang <i>Exocoetidae</i> di perairan Selat Makassar pada tanggal 21 Juli 2019. Area potensial untuk penangkapan ikan dilakukan di daerah pantai hingga lepas pantai	114
34. Peta prediksi zona potensi penangkapan ikan terbang <i>Exocoetidae</i> di perairan Selat Makassar pada tanggal 20 Agustus 2019. Area potensial untuk penangkapan ikan dilakukan di daerah pantai hingga lepas pantai	115
35. Peta prediksi zona potensi penangkapan ikan terbang <i>Exocoetidae</i> di perairan Selat Makassar pada tanggal 22 Agustus 2019. Area potensial untuk penangkapan ikan dilakukan di daerah pantai hingga lepas pantai	116
36. Peta prediksi zona potensi penangkapan ikan terbang <i>Exocoetidae</i> di perairan Selat Makassar pada tanggal 12 September 2019. Area potensial untuk penangkapan ikan dilakukan di daerah pantai hingga lepas pantai	117

37. Peta prediksi zona potensi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* di perairan Selat Makassar pada tanggal 14 Oktober. Area potensial untuk penangkapan ikan dilakukan di daerah pantai hingga lepas pantai..... 118
38. Peta prediksi zona potensi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* di perairan Selat Makassar pada tanggal 23 Oktober 2019. Area potensial untuk penangkapan ikan dilakukan di daerah pantai hingga lepas pantai .. 119
39. Grafik analisis GAM untuk klorofil-a terhadap hasil tangkapan ikan terbang *Exocoetidae* . Kepadatan relatif dari distribusi data ditunjukkan pada plot sumbu x. Kepadatan relatif dari distribusi data tangkapan tertinggi berada dalam 121
40. Grafik analisis GAM untuk suhu permukaan laut terhadap hasil tangkapan ikan terbang *Exocoetidae* . Kepadatan relatif dari distribusi data ditampilkan di plot sumbu x. Kepadatan distribusi relatif dari data tangkapan tertinggi adalah pada suhu permukaan laut 122
41. Peta potensi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* berdasarkan SPL dan CHL di perairan Selat Makassar pada tanggal 6 Januari 2019 125
42. Peta potensi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* berdasarkan SPL dan CHL di perairan Selat Makassar pada tanggal 25 Februari 2019 126
43. Peta potensi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* berdasarkan SPL dan CHL di perairan Selat Makassar pada tanggal 22 Maret 2019..... 127
44. Peta potensi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* berdasarkan SPL dan CHL di perairan Selat Makassar pada tanggal 16 April 2019 128
45. Peta potensi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* berdasarkan SPL dan CHL di perairan Selat Makassar pada tanggal 19 April 2019 129
46. Peta potensi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* berdasarkan SPL dan CHL di perairan Selat Makassar pada tanggal 20 Mei 2019 130
47. Peta potensi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* berdasarkan SPL dan CHL di perairan Selat Makassar pada tanggal 21 Mei 2019 131
48. Peta potensi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* berdasarkan SPL dan CHL di perairan Selat Makassar pada tanggal 23 Juni 2019 132
49. Peta potensi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* berdasarkan SPL dan CHL di perairan Selat Makassar pada tanggal 24 Juni 2019 133
50. Peta potensi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* berdasarkan SPL dan CHL di perairan Selat Makassar pada tanggal 21 Juli 2019 134
51. Peta potensi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* berdasarkan SPL dan CHL di perairan Selat Makassar pada tanggal 20 Agustus 2019 135
52. Peta potensi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* berdasarkan SPL dan CHL di perairan Selat Makassar pada tanggal 21 Agustus 2019 136
53. Peta potensi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* berdasarkan SPL dan CHL di perairan Selat Makassar pada tanggal 12 September 2019 .. 137
54. Peta potensi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* berdasarkan SPL dan CHL di perairan Selat Makassar pada tanggal 14 Oktober 2019 138
55. Peta potensi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* berdasarkan SPL dan CHL di perairan Selat Makassar pada tanggal 23 Oktober 2019 139
56. Sebaran Suhu Permukaan Laut 1 Januari – 8 Januari 2019 144
57. Sebaran Klorofil a 1 Januari – 8 Januari 2019 144

58. Peta Prediksi Sebaran Upwelling Selat Makassar pada tanggal 1 Januari – 8 Januari.....	145
59. Sebaran Suhu Permukaan Laut 18 Februari – 25 Februari 2019	146
60. Sebaran Klorofil a 18 Februari – 25 Februari 2019.....	147
61. Peta Prediksi Sebaran Upwelling Selat Makassar pada tanggal 18 Februari – 25 Februari	147
62. Sebaran Suhu Permukaan Laut 22 Maret – 29 Maret 2019	149
63. Sebaran Klorofil a 22 Maret – 29 Maret 2019.....	149
64. Peta Prediksi Sebaran Upwelling Selat Makassar pada tanggal 22 Maret – 29 Maret.....	150
65. Sebaran Suhu Permukaan Laut 17 Mei – 24 Mei 2019.....	151
66. Sebaran Klorofil a 17 Mei – 24 Mei 2019	151
67. Peta Prediksi Sebaran Upwelling Selat Makassar pada tanggal 17 Mei – 24 Mei.....	152
68. Sebaran Suhu Permukaan Laut 18 Juni – 25 Juni 2019.....	153
69. Sebaran Klorofil a 18 Juni – 25 Juni 2019.....	153
70. Peta Prediksi Sebaran Upwelling Selat Makassar pada tanggal 18 Juni – 25 Juni	154
71. Grafik Multitemporal Klorofil a, Suhu Permukaan Laut dan Hasil Tangkapan.....	156
72. Konsentrasi Klorofil a berdasarkan lokasi tangkapan ikan terbang tahun 2019.....	157
73. Grafik Kriteria Upwelling Berdasarkan Klorofil a	158
74. Kriteria Upwelling Berdasarkan Suhu Permukaan Laut.....	158
75. Konsentrasi Suhu Permukaan Laut berdasarkan lokasi tangkapan ikan terbang tahun 2019.....	160
76. Arah dan kecepatan angin selama tahun 2019	162

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

1. Daftar nama ilmiah Famili *Exocoetidae* yang valid, nama ilmiah sebelumnya, beserta senior/junior synonym (dianalisis dari berbagai sumber, kontribusi utama Carpenter dan Niem 2001; www.fishbase.org/Exocoetidae; www.research.calacademy.org.fish 174
2. Morfologi ikan terbang *Exocoetidae* yang ditemukan pada perairan Selat Makassar selama penelitian berlangsung (2019) 185
3. Hasil analisis trend sebaran Suhu Permukaan Laut dan Klorofil a di Selat Makassar (10 Tahun Terakhir) 187
4. Hasil analisis pohon filogenetic untuk semua squen yang diperoleh dari Selat Makassar dengan data hasil BLAST yang diperoleh pada NCBI 188
5. Bukti hasil submit squens DNA ke NCBI 189
6. Bukti submit data spesies ke fishbase 190



GLOSARIUM

Dalam penelitian ini terdapat beberapa singkatan kata yang digunakan diantaranya :

Anomali : Perbandingan antara rata-rata bulanan kondisi lingkungan dikurangi rata-rata klimatologi *Bale bale* Alat untuk memperoleh telur ikan terbang

Citra : Kombinasi antara titik, garis, bidang, dan warna untuk menciptakan suatu imitasi dari suatu objek—biasanya objek fisik atau manusia

CPUE : Jumlah hasil tangkapan yang diambil per unit alat tangkap

DNA : *Deoxyribo nucleic acid*, molekul yang mengkode gen, digunakan dalam perkembangan dan fungsi seluruh makhluk hidup, termasuk virus.

Fishing ground : Lokasi yang diduga sebagai tempat berkumpul ikan. Organisme tumbuhan yang berukuran relative kecil, mengandung klorofil dan terbawa arus perairan.

Fitoplankton : Komponen autotrof plankton

Genetik : Pewarisan sifat gen pada organisme maupun suborganisme

Habitat : Tempat suatu makhluk hidup tinggal dan berkembangbiak Zat hijau yang dikandung oleh fitoplankton

Ikan Pelagis : Jenis ikan yang hidup, berenang dan mencari makanan dilapisan permukaan laut

Klorofil-a : pigmen yang dimiliki oleh berbagai organisme dan menjadi salah satu molekul berperan utama dalam fotosintesis

Mesh size : Ukuran mata jaring

Morfologi : Bentuk luar tubuh organisme (ikan)

One day fishing : Kegiatan penangkapan ikan yang lamanya satu hari atau satu malam per trip operasi penangkapan ikan

Pattorani : Nelayan penangkap ikan dan telur ikan terbang

Populasi : Sekumpulan individu dengan ciri-ciri yang sama (spesies) yang hidup di tempat yang sama dan memiliki kemampuan bereproduksi di antara sesamanya

Spesies : Suatu takson yang dipakai dalam taksonomi untuk menunjuk pada satu atau beberapa kelompok individu (populasi) yang serupa dan dapat saling membuahi satu sama lain di dalam kelompoknya (saling membagi gen) namun tidak dapat dengan anggota kelompok yang lain

Suhu permukaan laut : Kata dalam bidang kelautan maupun perikanan, menunjukkan kondisi air dingin hingga hangat

Spasial : Ukuran luas tertentu berkorelasi dengan posisi koordinat

SPL : Suhu permukaan laut (satuan °C)

Torani, tourani, tuing-tuing : Nama lokal/daerah ikan terbang

Temporal : Periode pengulangan tertentu (mingguan, bulanan dan musiman)

Upwelling

: sebuah fenomena di mana air laut yang lebih dingin dan bermassa jenis lebih besar bergerak dari dasar laut ke permukaan akibat pergerakan angin di atasnya



BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Berdasarkan ketentuan dalam Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 69/2016 tentang Rencana Pengelolaan Perikanan Ikan Terbang, definisi ikan terbang dinyatakan sebagai seluruh anggota (spesies) dari famili *Exocoetidae*. Secara ilmiah, famili ini tersusun atas 7 genera dan 71 spesies (Van Der Laan, Eschmeyer, dan Fricke, 2014); (Froese dan Pauly, 2002). Di Indonesia, terkonfirmasi ditemukan 14 spesies dari ikan terbang yang terdiri dari tiga genera, *Cheilopogon*, *Cypselurus* dan *Hirundichthys* (Froese dan Pauly, 2002). Peneliti lain menyebutkan adanya delapan (8) genera dengan menambahkan genus *Oxyporhamphus* (Syahailatua, et al 2006) yang berasal dari famili *Hemiramphidae* (Van Der Laan et al, 2014).

Ikan terbang (*flying fishes*) merupakan ikan pelagis kecil yang hidup berkumpul di lapisan permukaan laut dari famili *Exocoetidae* (Carpenter dan Niem . 1996; 2001). Parin, (1996), terdiri atas 71 spesies valid (lampiran 1) Wu et al, (2017) 18 spesies diantaranya di temukan di Indonesia Carpenter dan Niem (2001); Fricke dan Wantiez (2011); Parin (1999); Riede (2004); Robins dan Ray (1986); Shen (1993); Sommer dan Poutiers (1996), dan di wilayah perairan Selat Makassar di temukan (3) spesies (Febyanty dan Syahailatua 2008; Ferdiansyah dan Syahailatua 2011).

Kabupaten Majene merupakan *fishing base* dari penangkapan ikan terbang di perairan Selat Makassar (wilayah pengelolaan 713) yang memiliki potensi tangkapan ikan terbang cukup besar diantara beberapa wilayah perairan laut di Indonesia. Secara nasional Majene dijadikan rujukan dalam rencana pengelolaan ikan terbang oleh Pemerintah dalam hal ini Kementerian Kelautan dan Perikanan berdasarkan Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan tahun 2016.

Statistik hasil perikanan Sulawesi Selatan menunjukkan produksi ikan terbang tahun 2000 sebesar 9.580 ton dan pada tahun 2004 mengalami penurunan dengan hasil tangkapan sebesar 3.840 ton, data statistik hasil perikanan tangkap ikan terbang di Sulawesi Barat pada tahun 2012 menunjukkan produksi sebesar 511 ton dan hasil tangkapan tahun 2016 mengalami peningkatan dengan hasil tangkapan sebesar 578 ton (DKP Majene, 2018). Hasil tangkapan rata-rata nelayan ikan terbang di wilayah Majene diperoleh berfluktuasi tiap bulannya, walaupun demikian bagi nelayan kegiatan usaha ini sangat diminati dan telah menjadi mata pencaharian utama (jumlah tenaga kerja 3 hingga 4 orang (Baso, 2004). Usaha penangkapan ikan terbang dilakukan dengan menggunakan alat tangkap *gillnet*.

Hasil tangkapan ikan terbang yang optimal tidak terlepas dari kawasan penangkapan yang ideal. Sebaran dan kelimpahan ikan terbang di suatu kawasan penangkapan dapat dipengaruhi oleh faktor musim, perubahan suhu dan produktivitas perairan. (Cury dan Roy, 1989) menjelaskan bahwa ikan pelagis kecil umumnya berumur pendek dan sangat dipengaruhi oleh perubahan lingkungan sekitarnya dan perubahan secara global. Pada umumnya umur ikan terbang tidak lebih dari satu tahun dan hanya beberapa spesies yang dapat bertahan hidup hingga umur dua tahun (Chang *et al*, 2012). Diketahui bahwa ikan terbang bertelur pada daerah pantai yang banyak ditumbuhi rumput laut, kemudian menetas, mencari makan secara terpisah dan kembali ke perairan terbuka, Zhang (1956) hal ini menunjukkan adanya hubungan biotik dan abiotik dalam ekosistem laut yang sangat terkait erat namun bervariasi dalam ruang dan waktu, hal demikian juga sangat mempengaruhi stok ikan terbang (Solanki *et al*, 2005).

Variabilitas oseanografi perlu diketahui untuk dijadikan petunjuk dalam menjelaskan kondisi keberadaan sumber makanan dan lingkungan laut seperti

faktor suhu permukaan laut, konsentrasi klorofil-a, dan kejadian *upwelling* untuk digunakan dalam memahami fluktuasi stok ikan terbang. Shakhovskoy dan Parin (2013) menjelaskan untuk memetakan distribusi spesies dan sub spesies ikan terbang secara geografis sangat dipengaruhi oleh faktor produktivitas biologis, salinitas dan suhu perairan.

Area pemanfaatan atau penangkapan perikanan ikan terbang di Majene (*fishing base*) adalah sebagian wilayah perairan Selat Makassar, menjadi hal yang menarik untuk diteliti karena ikan terbang ditemukan beranekaragam dan ketersediaan data hasil penangkapan tersedia selama satu tahun. Beberapa tahun sebelumnya dikatakan bahwa tangkapan ikan terbang telah menurun dan sulit ditemukan, hal ini diduga akibat kegiatan tangkapan berlebih (*overfishing*) pada ikan dan telurnya, namun pada tahun terakhir ini kembali ditemukan dengan jumlah yang besar. (Ali, 2005) menyebutkan bahwa ikan terbang memiliki strategi untuk dapat memulihkan jumlah populasinya. Fenomena yang terjadi pada perikanan tangkap ikan terbang di wilayah perairan Selat Makassar ini, perlu untuk dijelaskan dan dipahami dengan baik melalui informasi geografis dengan harapan ke depannya akan ada perbaikan usaha pemanfaatan sumberdaya perikanan ikan terbang yang berkelanjutan.

1.2. Identifikasi Masalah

Selat Makassar merupakan perairan yang relatif lebih subur bila dibandingkan dengan perairan lainnya di Indonesia, suburnya perairan Selat Makassar terjadi sepanjang tahun baik pada musim barat maupun pada musim timur Illahude (1978), sehingga potensi stok ikan pelagis melimpah. Pada musim barat penyuburan terjadi karena adanya *run off* dari daratan Kalimantan maupun Sulawesi dalam jumlah besar akibat curah hujan yang cukup tinggi, sedangkan pada musim timur penyuburan terjadi karena adanya penaikan massa air

(*upwelling*) di selatan perairan Selat Makassar (Illahude, 1978; Horhoruw *et al*, 2015).

Setiap makhluk hidup termasuk ikan terbang mempunyai potensi untuk mempertahankan eksistensi dan turunannya melalui reproduksi sebagai mekanisme adaptasi terhadap tekanan lingkungan seperti tekanan eksploitasi.

Walaupun ikan terbang mempunyai strategi untuk mempertahankan populasinya melalui produktivitas yang tinggi, namun perlu diingat bahwa ikan tetap tidak dapat melewati batas-batas daya dukung tertentu dan apabila dieksploitasi di luar batas

daya dukung maka stok ikan ini tetap beresiko terhadap ancaman kepunahan,

walaupun menurut Chavez *et al* (2003) bahwa fluktuasi ikan pelagis kecil (pemakan plankton) ini cenderung dipengaruhi perubahan iklim daripada kegiatan

penangkapan ikan. Sebagai contoh yang dikemukakan oleh Shakhovskoy (2018)

bahwa ikan terbang *Hirundichthys oxycephalus* melakukan pemijahan sepanjang tahun di laut tropis dan naik ke utara daerah Laut Atlantik barat saat musim panas. Wang (2011) menjelaskan bahwa ikan terbang hidup pada lapisan permukaan dengan perairan yang hangat dan terbuka.

Ikan terbang di perairan provinsi Sulawesi Selatan sudah banyak dilaporkan telah mengalami penangkapan berlebihan (*overfishing*), namun

demikian masih terdapat pihak yang berpendapat kontroversial bahwa ikan terbang *Exocoetidae* tidak habis dan hingga saat ini masih ditemukan di perairan

Selat Makassar (Ali, 2005). Hilangnya ikan terbang di daerah penangkapan telah dilaporkan dibeberapa negara namun muncul kembali, bila diambil contoh maka

hilangnya *Exocoetus volitans* di perairan khatulistiwa di pasifik barat dan samudra

Hindia dikarenakan suhu dan salinitas perairan yang tinggi, namun *Exocoetus volitans* tetap ditemukan pada suhu yang tinggi pada semua musim di Laut Arab

dan salinitas yang sangat tinggi di Laut Atlantik (Kovalevskaya, 1980). Keberadaan ikan terbang sangat ditentukan dengan daerah pemijahan dan ketersediaan makanan seperti yang terjadi pada spesies *Hirundichthys speculiger* di Laut Atlantik yang keberadaannya begitu banyak disetiap musim.

Berdasarkan justifikasi para ahli dan masalah yang telah dialami dalam aktivitas penangkapan ikan terbang (*Exocoetidae*) di sebagian wilayah perairan Selat Makassar, maka menjadi hal yang menarik untuk dianalisis bagaimana keberadaan stok ikan ini terhadap pola variasi regional pada musim penghujan dan musim kemarau (panas) sehingga dapat memberikan informasi saat kapan dan di mana kegiatan penangkapan ikan terbang harus dilakukan.

Untuk menganalisis keberadaan stok ikan terbang di Wilayah perairan Selat Makassar perlu data - data ilmiah yang akurat terkait keragaman spesies, kelimpahan suatu spesies, musim, serta faktor oseanografi yang berpengaruh. Perbedaan distribusi stok ikan terbang di perairan Selat Makassar secara geografis berdasarkan fase siklus hidupnya, baik intra spesifik maupun inter spesifik dengan menunjukkan jenis ikan terbang yang melakukan migrasi, namun ada pula ikan terbang selama dalam perkembangannya tetap berada dalam suatu wilayah geografis (Nessa *et al*, 1977). Untuk memahami fluktuasi stok ikan ekonomis penting yang akan digunakan sebagai rujukan dalam pengelolaan perikanan tangkap maka perlu diketahui secara pasti jenis ikan terbang yang ada di perairan Selat Makassar, kemudian perlu memahami apakah ikan terbang *Exocoetidae* di perairan Selat Makassar ada kesamaan jenis dengan perairan lainnya atau tidak, yang mana hal tersebut dapat dijadikan gambaran tentang eksistensi ikan terbang terhadap faktor-faktor oseanografi. Teknik yang digunakan untuk mengetahui jenis ikan terbang dalam penelitian ini yaitu analisis morfologi dan identifikasi spesies menggunakan karakter molekuler atau metode yang

berbasis amplifikasi DNA (PCR-DNA) (Irmawati, 2016). Singleton (2010) menjelaskan bahwa metode yang berbasis amplifikasi DNA adalah sebuah pendekatan yang menggunakan data berbasis DNA untuk mengidentifikasi semua spesies yang saat ini telah di kenal dan untuk menyediakan kriteria pengakuan spesies baru.

Potensi penangkapan lestari secara geografis pada ikan terbang di perairan Selat Makassar dapat dianalisis melalui pemodelan *Generalized additive model* (GAM), Pemodelan *Habitat suitability Index* (HSI) dan model *Upwelling*.

GAM adalah sebuah model aditif umum yang diterapkan pada data survei ikan pelagis untuk mengungkapkan pengaruh faktor-faktor lingkungan pada pola distribusi ikan (Murase *et al*, 2009). Sedangkan HSI sering digunakan untuk mengkarakterisasi keberadaan habitat yang bertujuan untuk memprediksi dampak pada ekosistem (Brown *et al*, 2000). Model HSI didasarkan pada kecocokan indeks yang mencerminkan kualitas habitat sebagai fungsi dari satu atau lebih variabel lingkungan. *Output* yang dihasilkan dari pemodelan HSI dapat memprediksi variasi spasial temporal dari kondisi habitat ikan. Fenomena *upwelling* penting untuk dipahami terkait dengan konservasi dan eksplorasi sumberdaya laut di mana *upwelling* merupakan proses pemupukan area perairan secara natural dimana perairan menjadi kaya akan nutrisi dan meningkatkan pertumbuhan fitoplankton yang bermanfaat bagi zooplankton (Grémillet *et al* 2008 ;Trujillo, 2016). Saat ini *upwelling* dapat diidentifikasi dengan bantuan penginderaan jauh menggunakan citra klorofil dan suhu permukaan laut (Grémillet *et al*, 2008).

Ada kebutuhan yang berkembang untuk mengadopsi konsep ekosistem dalam kegiatan perikanan tangkap. Pemodelan HSI, GAM dan *Upwelling* yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat yang dapat dijadikan untuk menilai

kualitas ekologi dan dapat dikombinasikan dengan teknologi GIS untuk menyediakan peta dan informasi kepada para *stakeholder* sehingga dapat menjadi rujukan dalam membuat keputusan dengan baik. Terrel (1984); Bovee dan Zuboy (1988); Eastwood *et al* (2001); Szuwalski dan Thorson (2017); Oliveira *et al* (2009); Champion *et al* (2020); White *et al* (2019) dalam menjelaskan pengelolaan dan eksploitasi sumber daya perikanan ikan terbang dalam menjalankan pemodelan HSI, GAM dan *upwelling* untuk ikan terbang, maka variabel yang perlu diketahui yakni jumlah hasil tangkapan, posisi penangkapan, kondisi oseanografi seperti klorofil-a, dan suhu permukaan laut.

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang dan identifikasi masalah, maka beberapa pertanyaan muncul dalam penelitian ini, adalah sebagai berikut:

1. Spesies ikan terbang apakah yang tertangkap dan dominan di perairan Selat Makassar?
2. Bagaimana fluktuasi hasil tangkapan ikan terbang berdasarkan lokasi dan waktu penangkapan di perairan Selat Makassar?
3. Bagaimana pengaruh variabilitas oseanografi (suhu, klorofil-a, dan *upwelling*) terhadap hasil tangkapan ikan terbang?

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian rumusan permasalahan, maka penelitian distribusi spasial dan temporal ikan terbang *Exocoetidae* di Selat Makassar bertujuan:

1. Menetapkan ciri spesies ikan terbang *Exocoetidae* apa saja yang tertangkap dan dominan di perairan Selat Makassar secara morfologi dan genetik.
2. Mengkaji potensi wilayah tangkap ikan terbang berdasarkan lokasi dan waktu penangkapan menggunakan model GAM dan HSI

3. Menganalisis peta hubungan antara distribusi hasil tangkapan ikan terbang *Exocoetidae* dengan klorofil-a, suhu permukaan laut dan *upwelling*.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini dapat memberi kontribusi dalam menjelaskan jenis ikan terbang yang berada di wilayah perairan Selat Makassar dan menghasilkan peta prediksi distribusi penangkapan ikan terbang yang optimal.



BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Famili : *Exocoetidae*

Sistematika ikan terbang pertama kali ditulis oleh *Linneaus* pada tahun 1758 khususnya spesies *Exocoetidae volitans* (*Linneaus*). Sampai pada pertengahan abad XIX, penelitian lebih banyak pada aspek taksonomi dan anatomi, setelah itu mulai dipelajari aspek biologi ikan terbang (*Devenpor*, 1994).

Sistematika ikan terbang (*Exocoetidae*) menurut *Parin* (1999) adalah sebagai berikut :

Kingdom : Animalia

Phylum : Chordata

Sub Phylum : Vertebrata

Class : Oshteichtyes

Sub Class : Actinoptergii

Ordo : Beloniformes

Sub Ordo : Exocoetinae

Famili : *Exocoetidae*

Secara umum ikan terbang memiliki ukuran panjang standar 38 cm. Ikan terbang termasuk ikan pelagis yang hidup di permukaan laut terbuka, mampu melompat keluar dari air dan meluncur untuk jarak yang jauh. Ciri – ciri morfologi ikan memanjang, tubuh berbentuk silinder lebar (bulat atau elips di bagian melintang). Di bagian perut rata untuk beberapa spesies. Kepala pendek, muncong tumpul, mulut kecil, dan rahang dengan ukuran yang sama. Tidak bergigi (atau sangat kecil). Sirip tidak memiliki duri, sirip punggung dan sirip dubur memiliki posisi yang sama jauh dibagian belakang dengan ukuran lebih pendek dan berlawanan. Sirip dada lebih tinggi, panjang dan melampaui sirip punggung. Sirip perut berada dibagian perut, membesar dan tidak semua spesies memiliki ini. Sirip

ekor bercabang, memiliki garis lateral berada di bagian bawah tubuh. Warna tubuh bagian atas gelap, pucat pada bagian bawah. Warna gelap biasanya berwarna biru dan hijau. Sirip dada pada beberapa spesies memiliki bintik-bintik gelap atau garis-garis pucat serta sirip punggung pada beberapa spesies memiliki pigmen hitam. Secara umum *Famili Exocoetidae* terdiri dari 6 genus dan 71 jenis spesies yang berbeda. Genus ikan terbang terdiri dari; *Parexocoetus*, *Exocoetidae*, *Prognichthys*, *Cypselurus*, *Cheilopogon*, *Hirundichthys* (Carpenter dan Volker, 1999).

Provinsi Sulawesi Selatan merupakan pengekspor tunggal telur ikan terbang *Hirundichthys oxycephalus* dan *Cheilopogon cyanopterus*, sehingga menjadikan komoditi ini sebagai salah satu primadona dari sektor perikanan di samping produksi udang. Sejak tahun 1969 sudah dimulai ekspor telur ikan terbang *Hirundichthys oxycephalus* dan *Cheilopogon cyanopterus* dari Sulawesi ke Jepang, dan sampai dengan saat ini telur tersebut makin populer dan dianggap salah satu makanan istimewa. Produksi telur ikan terbang *Hirundichthys oxycephalus* dan *Cheilopogon cyanopterus* pada periode tahun 1977 sampai dengan 2000 berkisar antara 72,2 sampai dengan 87,5 ton, dengan produksi rata-rata 308,1 ton per tahun. Pengumpulan telur semakin meningkat sehubungan dengan permintaan yang semakin tinggi, mengakibatkan produksi telur yang cenderung menurun dan juga produksi ikan (Syahailatua, 2006).

Ikan terbang dapat dikategorikan sebagai ikan pelagis ekonomis penting, karena selain menjadi ikan konsumsi, telur ikan terbang juga merupakan komoditas ekspor. Di perairan Indonesia, ikan terbang *Hirundichthys oxycephalus* dan *Cheilopogon cyanopterus* banyak ditemukan di perairan Selat Malaka, perairan Maluku, Nusa Tenggara, Selat Makassar, dan Papua. Ikan terbang *Hirundichthys oxycephalus* dan *Cheilopogon cyanopterus* dikenal dengan beberapa

nama lokal, seperti *tuing-tuing* (Bugis), *torani* (Makassar), atau *tourani* (Mandar). (Febyanty dan Syahailatua, 2008). Dalam beberapa penelitian terdahulu diperoleh informasi sebaran ikan terbang *Exocoetidae* di Indonesia berdasarkan konfirmasi secara morfologi (Tabel 1).

Tabel 1. Sebaran lokasi temuan ikan terbang *Exocoetidae* di Indonesia

Nama Ikan	Lokasi	Peneliti
<i>Hirundichthys oxycephalus</i>	Perairan Binuangeun Banten	Tuapetel <i>et al</i> 2015 Ali 2005 Ferdiansyah dan Syahailatua, 2010 Febyanty dan Syahailatua, 2008 Ferdiansyah dan Syahailatua, 2010 Ferdiansyah dan Syahailatua, 2011
	Perairan Fak Fak, Laut Seram	
	Laut Flores	
	Laut Bali Utara	
	Selat Makassar	
<i>Parexocoetus mento</i>	Laut Bali Utara	
<i>Cypselurus poecilopterus</i>	Selat Makassar	
	Perairan Fak Fak, Laut Seram	Tuapetel <i>et al</i> 2015
<i>Cypselurus oligolepis</i>	Teluk Manado	Mamangkey, 2002
<i>Cypselurus spilopterus</i>	Perairan Tual	Syam <i>et al</i> , 2004
<i>Chellopogon abeia</i>	Perairan Tual	Syam <i>et al</i> , 2004
<i>Cheilopogon spilopterus</i>	Laut Seram	Tuapetel <i>et al</i> 2015
<i>Cheilopogon cyanopterus</i>	Laut Sulawesi	Syahailatua <i>et al</i> , 2005
	Laut Arafura	Syahailatua <i>et al</i> , 2005
	Selat Makassar	Febyanty dan Syahailatua, 2008
	Laut Sulawesi	Syahailatua <i>et al</i> , 2005
	Laut Arafura	Syahailatua <i>et al</i> , 2005
	Laut Bali Utara	Ferdiansyah dan Syahailatua, 2010

Kemampuan terbang ikan ini merupakan sidat biologi yang paling menonjol dan membedakannya dengan kelompok ikan yang lain. Kemampuan tersebut merupakan proses evolusi sebagai adaptasi untuk menghindari pemangsa di laut lepas. Hutomo *et al* (1985) ikan terbang dapat dibagi menjadi dua kelompok yakni bersayap dua dan bersayap empat, dimana mekanisme terbang kedua kelompok tersebut terdapat perbedaan. Kelompok yang bersayap dua (monoplanes) diwakili oleh spesies-spesies dari genus *Exocoetidae*, dapat naik ke udara tanpa meluncur

dahulu di atas permukaan air. Jarak yang dapat ditempuh tidak melebihi 20 m. apabila ia memasuki aliran udara yang naik ikan ini mungkin dapat naik cukup tinggi bahkan dapat meloncat ke permukaan geladak kapal besar. Pada genus *Oxyporamphus* yang secara morfologi lebih primitif kemampuan terbangnya rendah yakni hanya dapat mencapai jarak 7 -10 m. Cara terbang yang paling sempurna terlihat pada kelompok ikan terbang yang bersayap empat (biplanes) yaitu pada spesies-spesies dari genus *Hirundichthys* (*Cypselurus*) dan *Prognichthys*. Mekanisme terbang kelompok ini dijelaskan oleh Hardenberg dalam 4 tahap. Tahap pertama ikan berenang di dalam air dengan sirip-sirip dilipat ke tubuhnya. Setelah itu bagian tubuhnya keluar dari air dengan sirip ekor masih di dalam air dan sirip pectoral dikembangkan. Saat akan meninggalkan air sirip ekor digerakkan lebih cepat dan sirip ventral dikembangkan sebagai alat peluncur. Setelah itu ikan tersebut melayang di atas permukaan air. Sirip pectoral yang lebar dari ikan-ikan yang masik kecil merupakan alat peluncur di permukaan air. Reaksi positif terhadap sinar merupakan karakter yang nyata bagi ikan terbang. Pada daerah yang terkena sinar, ikan-ikan bergerak mengelilingi lampu atau diam tidak bergerak di permukaan dengan sirip yang dikembangkan. Tingkah laku terbang ikan ini bertujuan untuk menghindari predator dan gangguan kapal, serta untuk menghemat energi dalam pencarian makanan.

2.2. Faktor Oseanografi

Distribusi ikan pelagis adalah fenomena kompleks yang dikendalikan oleh interaksi antara beberapa faktor dalam lingkungan laut (Maravelias,1999). Di daerah tropis, klorofil-a dan suhu permukaan laut adalah dua faktor paling penting yang mempengaruhi variasi distribusi ikan pelagis (Bachok *et al*, 2004). Gabungan klorofil-a dan suhu permukaan laut saling melengkapi untuk menentukan potensi daerah pelagis potensial (Zainuddin dan Jamal, 2009).

2.2.1. Suhu Permukaan Laut

Suhu permukaan laut memiliki dampak langsung pada aktivitas biologis (Chandran *et al.* 2009; García-Seoane, 2019). Suhu permukaan laut dianggap sebagai indeks lingkungan secara fisik yang mempengaruhi fisiologi organisme hidup dan juga mewakili jumlah nutrisi terhadap ekosistem (Solanki *et al.*, 2005a).

Suhu permukaan laut digunakan sebagai indikator secara tidak langsung dari daerah yang sesuai untuk daerah penangkapan dan migrasi ikan (Santos 2000; Zainuddin, 2011).

Setiap spesies memiliki toleransi terhadap perubahan Kelas suhu permukaan laut yang optimal (Chandran *et al.*, 2009; Osawa dan Julimantoro, 2010; Solanki *et al.*, 2001). Ikan memiliki kemampuan untuk menentukan kisaran suhu di mana ia cenderung berkumpul (Chandran *et al.*, 2009). Kisaran suhu permukaan dapat menunjukkan suhu air yang sesuai dengan adaptasi fisiologis ikan (Solanki *et al.*, 2001). Kisaran suhu permukaan laut dapat mempengaruhi distribusi dan kelimpahan ikan di daerah perairan (Chandran *et al.*, 2009; Solanki *et al.*, 2001).

Strategi pemijahan dari ikan terbang (*Exocoetidae*) di Indonesia sangat terkait dengan kondisi oseanografi perairan. Musim pemijahan ikan terbang terjadi pada saat suhu permukaan menurun, bahkan mencapai suhu terendah dibandingkan dengan suhu permukaan rata-rata. Pemicu dari suhu permukaan rendah dapat berupa kejadian *upwelling* atau arus laut dari daerah berlintang tinggi (sub tropis atau kutub). Namun, nampak *upwelling* memiliki keamatan yang lebih kuat dari pola arus, karena selain menurunkan suhu permukaan, *upwelling* juga memperkaya unsur hara perairan, sehingga asupan pakan bagi larva dan ikan-ikan mudah akan terjamin (Syahailatua *et al.*, 2008)

Ada indikasi bahwa kecenderungan startegi pencapaian puncak pemijahan ikan terbang (*Exocoetidae*) sangat dipengaruhi kondisi oseanografi, terutama suhu dan salinitas. Peristiwa *upwelling* yang secara periodik berlangsung selama musim timur (bulan Juni hingga Agustus) di Laut Flores dan selatan Jawa diperkirakan sebagai faktor pemicu proses pemijahan ikan Terbang (*Exocoetidae*), sedangkan pola arus north equatoril di Laut Sulawesi sebagai faktor oseanografi yang mempengaruhi siklus reproduksi ikan terbang (*Exocoetidae*). Syahailatua *et al*, (2008)

Sejak awal 1980-an, pengukuran suhu permukaan laut global telah dibuat menggunakan teknologi penginderaan jauh (Abbot, 2003). Pengukuran dengan satelit-satelit ini dilakukan dengan mendeteksi radiasi laut dalam dua atau lebih gelombang inframerah daripada spektrum elektromagnetik empirisitasnya dapat dikaitkan dengan suhu permukaan laut (Maurer, 2002). Beberapa sensor satelit yang menyediakan data suhu permukaan laut adalah TRMM-TMI, AVHRR, MODIS-Terra, dan Aqua.

Citra suhu permukaan laut dari satelit telah banyak digunakan untuk memantau dan meninjau fitur samudra permukaan laut seperti paragraf termal (Cole dan Villacasttin, 2000; Katara *et al*, 2008; Osawa dan Julimantoro, 2010), komposisi (Bellido *et al*, 2008; Cole dan Villacasttin, 2000; 2001; Osawa dan Julimantoro, 2010) dan pusaran air (Cole dan Villacasttin, 2000). Proses-proses ini berhubungan dengan parameter biologis seperti konsentrasi tinggi klorofil-a dan nutrisi yang biasanya merupakan indikator utama lingkungan yang sesuai untuk ikan (Armstrong *et al*, 2013; Bellido *et al*, 2008). Daerah-daerah ini sering menunjukkan suhu yang relatif dingin (Bellido *et al*, 2008; Katara *et al*, 2008).

Data suhu permukaan laut dari satelit dapat menentukan lingkungan ideal untuk ikan (Bellido *et al*, 2008; Solanki *et al*, 2005b, 2001). Melalui penggunaan teknologi penginderaan jauh, data suhu permukaan laut mendekati waktu nyata dapat

dengan mudah diperoleh, begitu banyak digunakan sebagai data dasar dalam prakiraan awal dari daerah penangkapan ikan potensial (Ji *et al*, 2018).

2.2.2. Klorofil-a

Distribusi ikan pelagis adalah fenomena kompleks yang dikendalikan oleh interaksi antara beberapa faktor dalam lingkungan laut (Maravelias, 1999). Di daerah tropis, klorofil-a dan suhu permukaan laut adalah dua faktor paling penting yang mempengaruhi variasi distribusi ikan pelagis (Mansor *et al*, 2001). Gabungan klorofil-a dan suhu permukaan laut saling melengkapi untuk menentukan potensi kawasan pelagis (Zainuddin dan Jamal, 2009).

Klorofil-a juga merupakan parameter yang sangat penting dalam menentukan tahap produksi primer (Osawa dan Julimantoro 2010; Solanki *et al*, 2005a; Zainuddin 2011; (Hao *et al*, 2019). Ini juga dapat digunakan sebagai indeks produktivitas biologis (Chandran *et al*, 2009; Musbir dan Fachruddin, 2011). Konsentrasi klorofil-a yang tinggi dapat dikaitkan dengan pembentukan daerah di mana ikan pemakan plankton, seperti ikan pelagis kecil untuk mencari makan (Lanz *et al*, 2008). Kondisi ini tentu akan mempengaruhi distribusi dan kelimpahan ikan di perairan (Chandran *et al*, 2009; Musbir dan Fachruddin, 2011; Osawa dan Julimantoro, 2010).

Kandungan klorofil suatu perairan yang banyak dimanfaatkan pada bidang perikanan adalah kandungan klorofil-a. Kandungan klorofil-a pada suatu perairan, dapat dijadikan sebagai salah satu indikator tingkat kesuburan perairan tersebut.

Dalam rantai makanan (*food chain*), kandungan klorofil ini dihasilkan oleh fitoplankton sebagai produsen primer yang banyak dimanfaatkan sebagai bahan makanan oleh konsumen tingkat pertama (zooplankton) maupun oleh konsumen tingkat kedua (ikan-ikan) pemakan plankton. Tingginya kandungan klorofil pada suatu perairan, dapat dinyatakan bahwa perairan tersebut memiliki tingkat

kesuburan yang tinggi. Tingkat kesuburan perairan yang tinggi, merupakan daerah yang banyak dijumpai beberapa jenis ikan pemakan plankton dengan kelimpahan yang besar. Jenis ikan yang secara langsung memanfaatkan plankton yang tersedia dalam suatu perairan, adalah jenis ikan pelagis (*pelagic fish species*), diantaranya adalah termasuk ikan terbang (Yahya, 2006).

Komponen makanan ikan terbang *Hirundichthys oxycephalus* dan *Cheilopogon cyanopterus* yang teridentifikasi selama penelitian menunjukkan bahwa jenis ikan ini termasuk pemakan plankton. Ada kemiripan dari kelompok makan yang teridentifikasi dari jenis *Hirundichthys oxycephalus* maupun *Cheilopogon cyanopterus*, yaitu kelompok Copepoda, Chaetognatha, Algae, dan Malacostraca (Tabel 2)

Tabel 2. Komposisi makanan ikan terbang *Hirundichthys oxycephalus* dan *Cheilopogon cyanopterus* yang tertangkap di Selat Makassar

Komposisi makanan / Food compositio		
No	Kelompok makanan/Food groups	Taksa/Taxa
1.	Copepoda	Macrostillida, Copilia, Nauplius, Cyclopida, Cancaiida dan Calanoida
2.	Malacostraca	Mysidae, Euphausidsae, dan Amphipoda
3.	Algae	Trirodesmium, Bidulphia, Planktoniella, dan Paravalella
4.	Chaetognatha	Sagitta dan Evadnae

Febyanty dan Syahailatua (2008)

Data klorofil pada suatu perairan dapat diamati melalui data penginderaan jauh, jumlah kandungan klorofil hasil pendeteksian dinyatakan sebagai jumlah kandungan zat hijau yang terdapat di dalam perairan tersebut dan dinyatakan dengan ml/l (Hao *et al.*, 2019). Semakin tinggi nilai yang didapatkan, menunjukkan semakin tinggi kandungan klorofil yang terkandung di dalamnya (Yahya, 2006).

Perkembangan teknologi seperti penginderaan jauh memungkinkan pengukuran konsentrasi klorofil-a di area perairan. Metode ini didasarkan pada hubungan

antara klorofil-a pada fitoplankton dengan rasio refleksi spektrum cahaya biru-hijau (Pan *et al.*, 2010). Pemantauan Phytoplankton melalui konsentrasi klorofil-a pada permukaan air dimulai dengan sensor CZCS yang berhasil pada tahun 1978 (Pan *et al.*, 2010; Solanki *et al.*, 2001) sebagai hasil dari keberhasilan CZCS, beberapa sensor warna lautan diluncurkan seperti Ocean Colour dan Temperature Scanner OCTS) (Agustus 1996), SeaWiFS (Agustus 1997-Desember 2010), dan yang terbaru adalah MODIS-Terra (Desember 1999-sekarang) dan MODIS-Aqua (Mei 2002-sekarang).

2.2.3. *Upwelling*

Upwelling merupakan suatu proses naiknya massa air dari lapisan bawah ke lapisan atas. Fenomena ini menimbulkan suatu daerah yang kaya akan larutan nutrien, seperti nitrat dan fosfat dan karena itu mereka cenderung mengandung fitoplankton (Simbolon *et al.* 2008). Luas daerah *upwelling* diperkirakan hanya 0,1% dari total luas perairan laut namun produktivitas primer dan rata - rata produksi ikan di wilayah ini sangat tinggi. *Upwelling* merupakan proses yang penting untuk mengembalikan zat-zat hara dari lapisan air dekat dasar ke daerah permukaan, oleh karena itu daerah yang terjadi proses *upwelling* akan sangat kaya akan nutrien, sehingga plankton melimpah, dan ikan - ikan akan berkumpul, yang tentunya merupakan daerah yang sangat baik untuk usaha penangkapan ikan (Edward dan Tarigan 2003).

Menurut Simbolon *et al.* (2008) sebaran suhu permukaan laut merupakan salah satu parameter yang bisa digunakan untuk mengetahui terjadinya proses *upwelling* di suatu perairan. Unsur nitrogen (N) dan fosfor (P) merupakan unsur hara (nutrisi) yang diperlukan oleh flora (tumbuhan laut) untuk pertumbuhan dan perkembangan hidupnya. Unsur - unsur tersebut ada dalam bentuk nitrat (NO_3) dan fosfat (PO_4). Unsur - unsur kimia ini bersama - sama dengan unsur - unsur

lainnya seperti belerang (S), kalium (K) dan karbon (C) disebut juga unsur hara (nutrien). Zat-zat hara ini dibutuhkan oleh fitoplankton maupun tanaman yang hidup di laut untuk pertumbuhannya. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengkaji daerah *upwelling* di Selat Makassar, penelitian yang dilakukan oleh Wyrтки (1961) dan Illahude (1970), menunjukkan bahwa terjadi *upwelling* di bagian selatan perairan Selat Makassar. Penelitian ini kemudian dilanjutkan oleh Afdal dan Riyono (2004) dengan menganalisis sebaran klorofil-a di lokasi yang sama. Penelitian terakhir yang berkaitan dengan ini adalah penelitian Rasyid (2009) dan Yuwono (2010) yang menunjukkan adanya penampakan tingkat produktifitas yang tinggi di selatan perairan Selat Makassar, namun kehadirannya terlihat hanya pada periode tertentu.

2.3. Pendekatan Penentuan Kawasan Potensi Penangkapan Ikan

2.3.1. Musim dan Daerah Penangkapan

Ikan terbang di perairan Selat Makassar dan Laut Flores umumnya ditemukan muncul di bagian permukaan laut dalam jumlah kawanan yang besar sekitar bulan April hingga September, terutama pada periode musim Timur, kemudian menghilang dalam satu siklus hidupnya. Selain itu ikan terbang juga diketahui hanya melakukan migrasi tahunan dan melepaskan telur-telurnya pada perairan tertentu. Diperkirakan ikan terbang dalam melakukan migrasi, bergerak sepanjang perairan pantai Selat Makassar bagian selatan, kemudian ke perairan pantai Sulawesi Tengah dan Sulawesi Utara, kemudian kembali lagi ke sepanjang perairan pantai Selat Makassar bagian selatan dan sekaligus melepaskan telur-telurnya. Hal tersebut sangat sesuai dengan hasil yang diperoleh dari penelitian sebelumnya, bahwa di perairan pantai Selat Makassar bagian selatan, selain nelayan menangkap ikan terbang juga sekaligus mendapatkan telur-telur ikan terbang ((Ali *et al.*, 2004; Yahya, 2006; Muhammad, Mallawa and Zainuddin, 2018)).

Kegiatan penangkapan ikan terbang di perairan Selat Makassar, umumnya dimulai saat memasuki awal peralihan musim barat ke timur sampai pada peralihan musim timur ke barat dan puncaknya terjadi pada musim timur. Hasil penelitian Yahya, *et al* (2001) mendapatkan bahwa produksi hasil penangkapan ikan dan telur ikan terbang di daerah ini tertinggi dicapai pada musim timur, kemudian menurun memasuki peralihan musim timur barat dan terendah dicapai pada peralihan musim barat timur

2.3.2. Penentuan Daerah Potensi Penangkapan Ikan

Lingkungan laut adalah wilayah yang sangat luas dengan berbagai fenomena dan interaksi biologis, fisik dan kimia. Sekarang, studi lingkungan laut dalam skala ruang dan waktu dibuat dengan teknologi penginderaan jauh dan GIS (Chen *et al.* 2011). Teknologi penginderaan jauh sangat ideal untuk pengumpulan data yang memiliki ukuran yang dapat dilakukan berulang kali dalam waktu yang sederhana (Yen *et al.* 2017). Sedangkan SIG dapat digunakan untuk mengolah, menyimpan dan menampilkan data yang memiliki ukuran besar. Kombinasi penginderaan jauh, GIS dan Analisis statistik dapat digunakan untuk mempelajari interaksi dinamis antara populasi spesies dengan faktor oseanografi pada skala ruang dan waktu. Penggabungan juga dapat mendukung pengembangan model yang berkaitan dengan variasi lingkungan laut dan pemodelan untuk distribusi habitat spesies ikan (Bellido *et al.*, 2008). Pemahaman ini sangat berguna bagi nelayan dalam kegiatan penangkapan ikan serta menjadi lebih efektif dan optimal (Choudhury *et al.*, 2007).

Penginderaan jauh mampu memberikan perspektif global dengan cakupan yang berulang untuk digunakan dalam mempelajari keragaman lingkungan laut yang luas dan dinamis. Data yang dihasilkan dari penginderaan jauh adalah data geografis dalam bentuk digital yang memungkinkan pengolahan dan analisis

dilakukan lebih cepat dengan komputer (Chandra dan Ghosh 2006). Berbagai informasi dapat diperoleh dari gambar untuk digunakan dalam analisis dan interpretasi (Weng 2010). Sebagian besar pengguna satelit penginderaan jauh memiliki tujuan akhir untuk mengintegrasikan hasil penginderaan jarak jauh dengan variabel geografis lainnya untuk mendapatkan pandangan komprehensif di daerah yang diteliti. Namun, interpretasi gambar bukanlah tujuan akhir tetapi hanya sebagai sumber entri informasi untuk analisis data selanjutnya (Chuvieco dan Huete 2010).

Integrasi Informasi yang terintegrasi dengan baik menjadi sangat penting di Indonesia dalam pengembangan teknologi GIS (Chuvieco dan Huete 2010). Penginderaan jauh digunakan sebagai alat dalam memperoleh data untuk digunakan dalam GIS (Weng 2010). GIS memiliki beberapa keuntungan: (1) memiliki rute cepat dan mudah ke data besar; (2) kemampuan untuk memilih secara detail wilayah atau tema, menggabungkan atau menghubungkan satu data dengan data lain, menganalisis karakteristik data, menemukan fitur spesifik dalam suatu area, memperbarui data lebih cepat, memodelkan dan menafsirkan data; dan (3) prioritas output seperti peta, grafik, daftar alamat dan ringkasan statistik disesuaikan dengan kebutuhan (Heywood *et al.*, 2002). Karakteristik ini berperan dalam analisis dan menghasilkan proses. SIG juga dilengkapi dengan pendekatan statistik dan merupakan subjek yang penting dan spesial dalam kemajuan GIS. Sebagian besar model yang digunakan dalam analisis GIS pada dasarnya digunakan pendekatan statistik. Statistik di GIS penting dalam memahami masalah kesalahan data dan ketidakpastian (Kanevski dan Maignan 2004).

2.3.3. Aplikasi Data Citra Dengan GAM (Generalized Additive Model) dan HSI (Habitat Suitability Index)

Penelitian oleh Chen *et al.* (2005) menggunakan data parameter permukaan laut yaitu klorofil-a (CZCS) dan suhu permukaan laut (AVHRR), serta parameter sub permukaan yaitu suhu, salinitas dan oksigen terlarut yang berasal dari Dunia Database Kelautan. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan parameter lingkungan yang sesuai untuk unit Capture per unit (CPUE) dari Albacore (*Thunnus alalunga*) di samudra Hindia, menggunakan analisis Diskriminan Stepwise (SDA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh parameter lingkungan pada CPUE ikan bervariasi berdasarkan usia, di mana ikan remaja dipengaruhi oleh klorofil-a, suhu permukaan laut dan salinitas. Ikan dewasa juga dipengaruhi oleh suhu permukaan laut. Sedangkan, ikan yang bertelur sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan pada lapisan sub-permukaan yaitu suhu pada kedalaman 100 m dan oksigen pada kedalaman 200 m.

Ada beberapa metode lain yang dilakukan menggunakan data dari satelit penginderaan jauh dalam menentukan kisaran kesesuaian faktor oseanografi yang disukai oleh ikan serta dalam menentukan distribusi area penangkapan ikan potensial, misalnya dengan menggunakan histogram atau metode analisis frekuensi (Lanz *et al.* 2006; Semedi dan Hadiyanto 2013; Tseng *et al.*, 2011; Zainuddin 2011; Zainuddin dan Jamal 2009; Zainuddin *et al.* 2006, 2008), metode indeks kesesuaian (SI) (Mustapha *et al.*, 2010)(Li, Cao, Zou, Chen, dan Runnebaum, 2016) dan analisis GAM (Bellido *et al.*, 2008; Bigelow *et al.*, 1999; Damalas *et al.*, 2007; Sagarminaga dan Arrizabalaga 2010; Zainuddin *et al.* 2008, 2013)

Penelitian yang dilakukan oleh Bellido *et al.* (2008) menunjukkan kemampuan analisis GAM dalam mengidentifikasi habitat untuk ikan teri (*Engraulis encrasicolus*) dan sarden (*Sardina pilchardus*) di perairan Mediterania Spanyol.

Zainuddin *et al.* (2008) juga menggabungkan analisis frekuensi, GAM dan GLM untuk mengidentifikasi potensi daerah penangkapan ikan Albacore (*Thunnus alalunga*) di *samudra* Pasifik. Penelitian ini menggunakan data satelit seperti klorofil-a (SeaWiFS), suhu permukaan laut (TRMM / TMI dan AVHRR) dan ketinggian permukaan laut (TOPEX / POSEIDON-ERS dan Pengarsipan, Validasi dan Interpretasi data satelit ceanographic / AVISO). Hasilnya menunjukkan bahwa bahwa prediksi distribusi ikan yang diproduksi dengan GAM dan model GLM sejalan dengan distribusi data tangkapan yang sebenarnya. Proses seperti vortex dan istilah termal ditemukan mempengaruhi pola distribusi ikan. Proses-proses ini membuat perairan menjadi area nutrisi yang baik untuk ikan.

Model HSI menggambarkan hubungan variabel ekologi yang berbeda dan memperkirakan kesesuaian habitat untuk spesies tertentu. Brooks (1997;2013) membedakan tahapan dalam pemodelan HSI: yang pertama adalah pengembangan model, dan yang kedua, yang sering diabaikan, harus fokus pada validasi. Penelitian sebelumnya menunjukkan perbedaan besar dalam kinerja model HSI (Dettmers *et al.*, 2002). Keakuratan model habitat ikan berbasis GIS sangat tergantung pada dua faktor: kualitas data input dan metode yang digunakan untuk membangun model empiris (Eastwood dan Meaden, 2004) (Zeng, Tanaka, Chen, Wang, dan Zhang, 2018). Sementara yang pertama biasanya tidak dapat dikendalikan oleh pemodelan, karena yang terakhir sejumlah teknik yang berbeda tersedia untuk membangun model empiris untuk mengukur hubungan antara spesies ikan dan lingkungannya. Dengan demikian, kita perlu melakukan studi komparatif untuk mengevaluasi kinerja pendekatan yang berbeda untuk mengidentifikasi suatu model HSI optimal sebelum model HSI seperti itu dapat digunakan dalam aplikasi (Chen, 2008a)

2.4. Keragaman Populasi

Keragaman populasi merupakan salah satu indikator penting dalam pengelolaan dan konservasi sumberdaya perikanan, khususnya dalam penentuan unit populasi atau segmen populasi yang signifikan sebagai unit pengelolaan. Segmen populasi yang berbeda nyata adalah kelompok individu yang berevolusi secara signifikan, bereproduksi secara terpisah, dan atau terpisah secara geografis (Musick 1998). Keragaman populasi mempunyai arti penting karena berhubungan dengan sifat-sifat biologi seperti pertumbuhan, mortalitas, reproduksi, dan daya tahan tubuh terhadap lingkungan.

Perubahan keragaman populasi dapat disebabkan oleh faktor lingkungan dan faktor genetik. Perubahan keragaman dapat terjadi akibat persilangan acak (*random mated*) dan penghanyutan gen (*genetic drift*) serta faktor emigrasi dan imigrasi sehingga terjadi evolusi. Di dalam studi keragaman dan struktur populasi beberapa pendekatan yang dapat digunakan sebagai penanda genetik (marka genetik) adalah marka morfologi, marka protein darah, dan marka DNA (Liu 1998). Di dalam perkembangan teknologi untuk memajukan program pemuliaan ikan budidaya dewasa ini telah berkembang metode analisis keragaman genetik pada tingkat molekul DNA.

Berbagai metoda yang dapat digunakan untuk menganalisis keragaman genetik antara lain metode biometrik yaitu membandingkan ukuran morfometrik ikan (Moyle dan Ceah 1982), metode elektroforesis protein (Harti 1980), dan analisis profil DNA (Gomes *et al.* 2000). Fahri (2001) menyatakan bahwa ikan terbang Selat Makassar, Teluk Manado, dan Teluk Tomini masing-masing terpisah secara genetik sehingga ikan terbang digolongkan bukan peruaya jauh. Untuk keperluan pengelolaan ikan terbang, *Hirundichthys oxycephalus* Bleeker (1853) di Sulawesi Selatan maka perlu diketahui apakah kelompok ikan terbang di Laut

Flores dan Selat Makassar secara genetik masing-masing merupakan satu segmen populasi yang berbeda (*distinct population segment*).

2.5. Hasil Penelitian Sebelumnya terkait Famili *Exocoetidae*

Ikan terbang (*Exocoetidae*) memiliki publikasi yang terbatas, terutama pada pembahasan tingkat spesies. Penelitian dan publikasi terkait ikan terbang di Wilayah Timur Indonesia masih terkait dengan pengelolaan wilayah penangkapan, kondisi biologi ikan terbang yang tertangkap oleh nelayan. Kajian spesifik dengan ikan terbang (*Exocoetidae*) sebagai objek utama penelitian telah dilakukan di Selat Makassar dan Laut Flores sejak tahun 2005. Semua hasil penelitian tersebut memiliki peran penting dalam informasi dasar spesies (Tabel 3).

Tabel 3. Beberapa penelitian terdahulu yang berkaitan dengan ikan terbang (*Exocoetidae*)

No	Penulis dan Judul	Metode dan Hasil
1	MN Nessa dan UH Slamet (1985) Prospek dan pengembangan komoditi ekspor sumberdaya hayati akuatik di Indonesia Timur	Pemijahan ikan terbang dan fekunditas telur
2	Ali, <i>et al</i> 2004 Musim Dan Kelimpahan Ikan Terbang (<i>Exocoetidae</i>) Di Sekitar Kabupaten Takalar (Laut Flores) Sulawesi Selatan	Musim tangkapan ikan terbang dimulai pada Januari hingga Juli, dan musim dimulai lebih awal (Januari-Februari) dibandingkan dengan 25 tahun yang lalu (April-Mei). Musim ikan terbang memiliki dua puncak seperti musim puncak primer pada bulan April hingga Juni dan puncak sekunder musim pada bulan Februari. Musim telah berubah sebelumnya adalah salah satunya strategi reproduksi untuk menjaga populasi yang menurun akibat over penangkapan ikan.
3	Augy Syahailatua, 2004 Ikan Terbang: Antara Marga <i>Cypselurus</i> Dan <i>Cheilopogon</i>	Keanekaragaman ikan terbang masih menarik untuk dipahami setelah PARIN (1999) memisahkan beberapa anggota genus <i>Cypselurus</i> yang banyak ditemukan di perairan Indonesia ke genus <i>Cheilopogon</i> . Artikel ini menjelaskan tentang morfologi yang penting mengenai karakteristik yang disebutkan oleh PARIN (1999) untuk memisahkan dua genus ikan terbang, untuk menghindari kebingungan dalam

4 Tanti SR Harahap dan A. Djamali, 2005

Pertumbuhan Ikan Terbang (*Hirundichthys Oxycephalus*) Di Perairan Binuangeun, Banten

5 Muhamad Ali Yahya, 2006

Studi tentang perikanan ikan terbang di Selat Makassar Melalui pendekatan Dinamika Biofisik, Musim dan Daerah Penangkapan

6 A. Syahailatua, 2006

Perikanan ikan terbang di Indonesia : Riset menuju pengelolaan

7 Mahfud palo, 2009

Selektifitas Jaring Insang Ikan Terbang (*Exocoetidae*) Di Perairan Majene Selat Makassar

8 Dony Armanto, 2012

Analisis aspek biologi ikan terbang *Cheilopogon katoptron* Bleeker, 1965, Di Perairan Pemuteran Bali Barat

9 Herawati, *et al.*,

Analisis Potensi Reproduksi Ikan Terbang (*Hirundichthys Oxycephalus*) Hasil Tangkapan Di Perairan Cilauteureun Kabupaten Garut Provinsi Jawa Barat

identifikasi spesies ikan terbang di Indonesia.

Ikan terbang di perairan Binuangeun membutuhkan waktu yang relatif lama untuk mencapai panjang maksimum sehingga ikan ini berumur panjang. Pola pertumbuhan ikan jantan dan betina bersifat allomenik negatif. Faktor kondisi mengalami fluktuasi setiap bulan, dan mengalami penurunan sejalan dengan perlambatan umur. Faktor kondisi ikan jantan lebih tinggi daripada betina.

Secara spasial dan temporal dapat ditentukan daerah pemijahan (*Spawning ground*), kegiatan penangkapan berpengaruh terhadap jumlah dan dinamika komposisi hasil tangkapan, konservasi perikanan ikan terbang dapat dilakukan selama musim pemijahan.

Rencana pengelolaan perikanan ikan terbang dari selat Makassar dan Laut Flores akan terbentuk pertama karena keanekaragaman yang tinggi di wilayah tersebut, penurunan produksi ikan selama 30 tahun terakhir, dan data yang memadai dan informasi dari penelitian.

Ukuran mesh 3,18 cm adalah insang selektif Jaring dengan frekuensi penangkapan ikan tertinggi pada kisaran panjang garpu 16-17 cm, sudah di atas panjang

Ikan terbang *Cheilopogon katoptron* yang tertangkap di perairan Pamuteran-Bali Barat belum memasuki masa pemijahan, karena *sex ratio* masih didominasi oleh ikan jantan dan gonad yang berisi sel kelamin/telur hanya terdapat pada ikan terbang *Cheilopogon katoptron* betina dengan persentase yang rendah pada tingkat kematangan gonad I dan II

Rata-rata indeks kematangan gonad ikan jantan sebesar 10,41%, ikan betina sebesar 17,14%. Hepato Somatik Indeks tertinggi terdapat pada ikan dengan TKG III sebesar 1,71%. Fekunditas berkisar 19.520 – 21.296 ± 937 butir, Fekunditas ikan Terbang meningkat sebesar 4270 butir setiap peningkatan panjang total sebesar 23 mm, namun pada saat melebihi panjang optimum

- 10 Murase *et al.*, 2009
Penerapan GAM untuk mengetahui hubungan antara faktor lingkungan dan distribusi ikan pelagis dan krill : studi kasus di Teluk Sendai Jepang
Metode : GAM
Kajian ini menunjukkan bahwa pemodelan spasial berbasis GAM berguna untuk membuat peta distribusi yang masuk akal dan mampu memperkirakan biomassa dengan mempertimbangkan faktor lingkungan.
- 11 Nurdin, *et al.* 2015
Penerapan data oseanografi penginderaan jauh dalam pendeteksian lokasi potensi perikanan *Rastrelliger kanagurta* di perairan kepulauan dari Spermonde, Indonesia
Metode : GAM, GIS, IPCC-AR5-RCPs
Hasil analisis GAM menunjukkan bahwa chl-a dan SST memengaruhi distribusi kanagurta *Rastrelliger* di perairan kepulauan Spermonde. Proyeksi peningkatan SST karena perubahan iklim menurut skenario IPCC-AR5-RCPs menunjukkan efek yang signifikan pada distribusi kanagurta *Rastrelliger*.
- 12 Setiawati, *et al.*, 2014
Karakterisasi habitat tuna mata besar di Perairan Selatan off Jawa – Bali menggunakan data penginderaan jauh
Metode : GAM, GIS
SST adalah variabel lingkungan yang paling penting terhadap jumlah tuna mata besar yang ditangkap
- 13 Syah, *et al.*, 2016
Prediksi zona penangkapan potensial untuk Pasifik saury (*Cololabis saira*) dengan model entropi maksimum dan data penginderaan jauh
Integrasi data empiris ini dengan informasi penginderaan jauh multi-sensor dalam platform pemodelan dapat menawarkan cara yang kuat dan inovatif untuk menemukan cara mengidentifikasi zona penangkapan ikan potensial untuk Pasifik dan dapat digunakan untuk mendukung keputusan manajemen perikanan.
- 14 Gruss, *et al.* 2014
Menggunakan delta GAM untuk menghasilkan peta distribusi eksplisit secara model spasial ekosistem
Metode : GAM
Pendekatan delta GAM yang kami kembangkan adalah metode sederhana dan mudah untuk membuat peta distribusi untuk dimasukkan ke dalam model ekosistem eksplisit spasial, di mana cakupan spasial dan taksonomi yang diinginkan sementara manfaat dari perkiraan presisi tinggi hilang pada waktu berjalan
- 15 A Blake dan GA Campbell (2007)
Conflict over flying fish: The dispute between Trinidad dan Tobago and Barbados
Perjanjian untuk pembatasan akses dan kuota penangkapan ikan terbang.

BAB III. KERANGKA KONSEP

3.1. Kerangka Pikir

Ikan terbang *Exocoetidae* adalah salah satu sumberdaya perikanan Laut Selat Makassar. Belum diketahui apakah kelompok ikan terbang Selat Makassar (Majene) masing-masing adalah sub populasi yang berbeda (terpisah) atau sub populasi yang sama. Informasi ini diperlukan untuk menjelaskan bagaimana eksistensi ikan terbang di perairan Selat Makassar terhadap tekanan-tekanan faktor oseanografi bila dibandingkan dengan beberapa wilayah perairan lainnya, sehingga memberikan petunjuk bagaimana keberlanjutan pengelolaan ikan terbang ke depannya. Berdasarkan hasil studi yang telah dilakukan secara morfologi dan meristik karakter dari ikan terbang di perairan Laut Flores dan Selat Makassar ditemukan berbeda padahal kedua perairan ini dekat dan saling terhubung. Dengan berkembangnya teknologi, maka analisis morfologi dan meristik mulai digantikan dengan metode molekuler yang dipercaya sebagai cara terbaik untuk menganalisis variasi genetik. Variasi genetik dari suatu populasi merupakan gambaran adanya perbedaan intra spesies.

Penangkapan induk yang berada dalam fase reproduktif (memijah) serta eksploitasi telur ikan terbang yang bernilai ekonomis setiap tahun secara berlebihan (overfishing) diduga telah menyebabkan degradasi populasi dan penurunan produksi. Tekanan eksploitasi di luar batas daya dukung menjadi resiko terhadap eksistensi ikan terbang. Fluktuasi ekstrim stok tangkapan Ikan terbang telah dilaporkan oleh beberapa nelayan penangkap (hasil wawancara) di wilayah perairan Sulawesi seperti hasil tangkapan kurang hingga tidak ada hasil tangkapan. Namun, apakah hal ini bisa sesuai dengan pernyataan Ali dan Nessa (2006) yang menjelaskan bahwa pengaruh penangkapan, perubahan lingkungan dan perubahan genetik dapat berakibat pada perubahan diameter telur, yang

selanjutnya dapat berpengaruh pada hasil tangkapan. Chavez *et al* (2003) bahwa fluktuasi ikan pelagis kecil (pemakan plankton) ini cenderung dipengaruhi perubahan iklim daripada kegiatan penangkapan ikan. Diketahui Komponen makanan ikan terbang dari kedua spesies yaitu *Hirundichthys oxycephalus* dan *Cheilopogon cyanopterus* yang teridentifikasi selama penelitian menunjukkan bahwa jenis ikan ini termasuk pemakan plankton seperti kelompok *Copepoda*, *Chaetognatha*, *Algae*, dan *Malacostraca* (Febyanty dan Syahailatua, 2008).

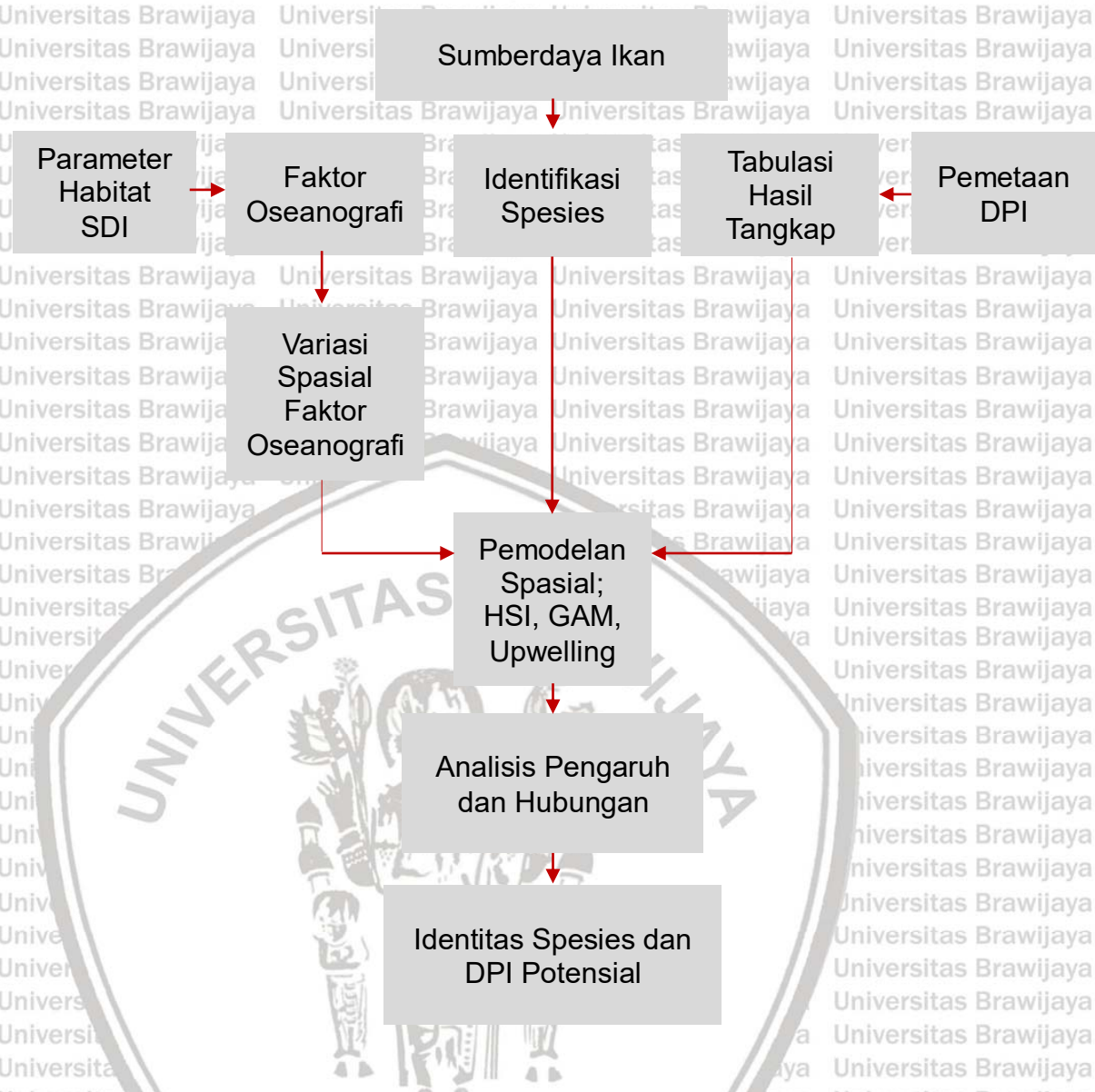
Kondisi tangkapan ikan terbang di perairan Selat Makassar dapat dianalisis dan dijelaskan melalui pemodelan *Generalized additive model* (GAM), Pemodelan *Habitat suitability Index* (HSI) dan model *Upwelling*, sehingga dapat memberikan informasi saat kapan dan dimana kegiatan penangkapan ikan terbang harus dilakukan (wilayah potensial penangkapan ikan). Penggunaan model GAM mampu memprediksi faktor lingkungan yang mempengaruhi hasil tangkapan ikan di perairan Skotlandia dikemukakan oleh O'Brien (1997), di perairan Timur Laut Amerika oleh Sagarese *et al* (2014), di perairan Kanada oleh Richards *et al* (2010) dan di wilayah perairan Supermonde Selat Makassar (Nurdin *et al*, 2015). Penggunaan model HSI mampu menjelaskan pengaruh dan hubungan kesesuaian habitat lingkungan terhadap spesies ikan di perairan secara spasial dan temporal, seperti yang dilaporkan oleh Champion *et al* (2020) di perairan Timur Australia, White *et al* (2019) di perairan California bagian Selatan, Zeng *et al* (2018) di perairan Kepulauan Ma'na Cina dan di Perairan Selat Makassar (Nurdin *et al*, 2012). Dengan penggunaan model kesesuaian habitat mampu meningkatkan akurasi wilayah kegiatan penangkapan ikan yang optimal (Cordue, 2007; Jones *et al*, 2012; Naman *et al*, 2019).

Pendekatan model *upwelling* dapat menjelaskan kegiatan penangkapan ikan terbang (*Exocoetidae*) seperti yang telah dilakukan di perairan Karibia oleh Ferbes

dan Harera (1976); Gurthtsev *et al* (1987), di Selat Makassar oleh Nessa *et al* (1992) dan di samudra Atlantik (Oxendford, 1994). Kemudian *upwelling* dapat menjelaskan strategi pemijahan ikan terbang *Exocoetidae* yang merupakan suatu fenomena yang dapat diduga (Yahya, 2006; Forsbergh ED, 1964; Wooster dan Reid, 1963).

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis keragaman spesies ikan terbang *Exocoetidae* secara morfologi dan genetik di Selat Makassar dan sebaran hasil tangkapan ikan terbang *Exocoetidae* berdasarkan waktu dan lokasi penangkapan, serta faktor oseanografi (suhu permukaan laut dan klorofil-a). Simpikasi kerangka pemikiran penelitian ini bahwa pengelolaan ikan terbang memerlukan informasi terkait jenis spesies dominan, informasi jumlah hasil tangkapan (kg), dan daerah sebaran habitat ikan terbang sebagai acuan untuk menentukan strategi dan tindakan pengelolaan dan konservasi untuk keperluan perencanaan, pengawasan, pengendalian ikan terbang berkelanjutan (Gambar 1).



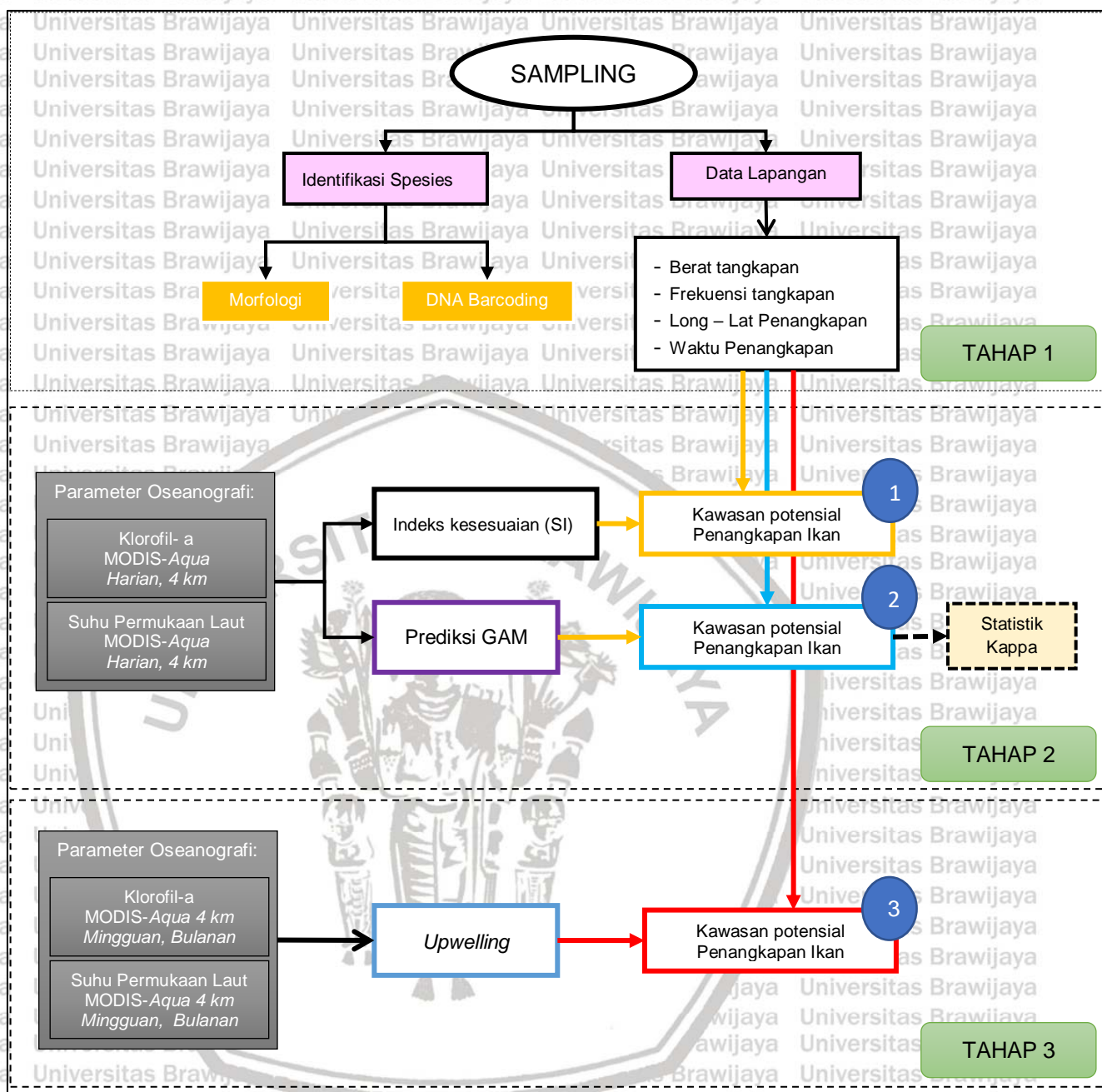


Gambar 1. Kerangka Konsep

3.2. Kerangka Operasional

Melakukan penelitian dengan sistematis dan terencana memerlukan kerangka operasional (Gambar 2) yang bersumber dari kerangka konsep penelitian. Dapat dikatakan sebagai indikator kinerja awal karena jauh sebelum peneliti terjun ke lapangan peneliti telah merancang aktivitas penelitiannya. Berdasarkan tujuan umum yang dicapai dalam proses penelitian maka disusun kerangka operasional sebagai berikut.





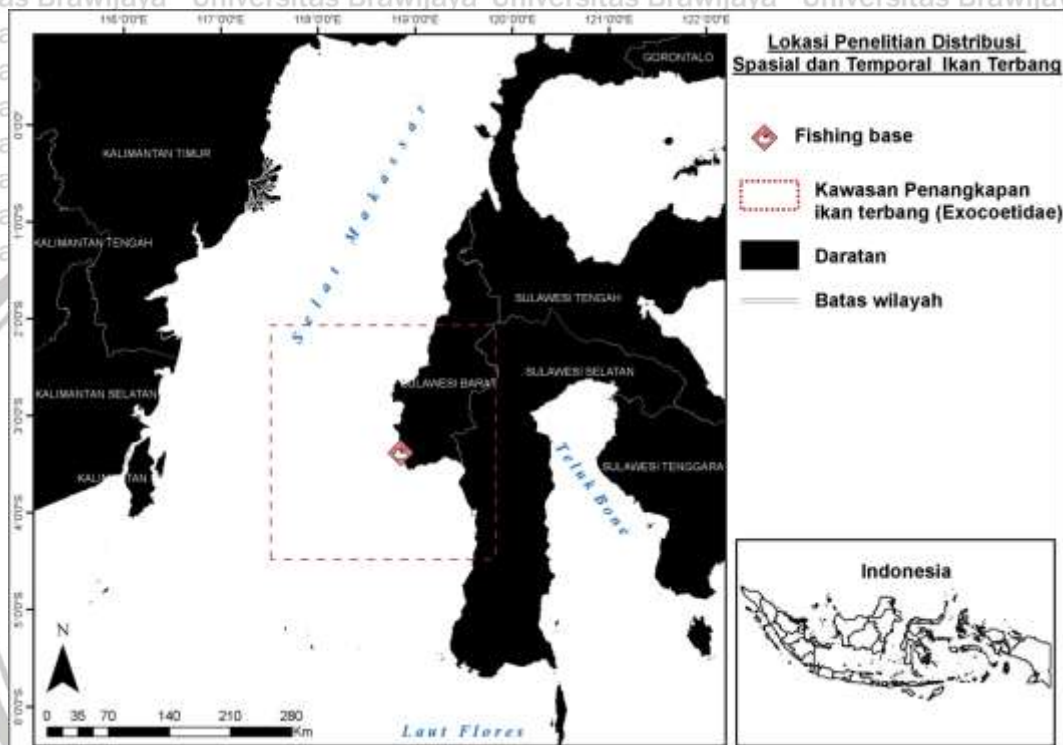
Gambar 2. Kerangka operasional

BAB. IV METODE PENELITIAN

4.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada sebagian wilayah perairan Selat Makassar.

Sampel diperoleh dari daerah penangkapan ikan terbang dengan *fishing base* di Desa Somba Kabupaten Majene Sulawesi Barat (Gambar 3). Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari 2019 - Desember 2019.



Gambar 3. Peta lokasi penelitian

4.2. Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini dilaksanakan dengan metode eksploratif dengan penelitian dirancang untuk mengumpulkan informasi tentang keadaan-keadaan nyata saat sekarang ini. Proses memperoleh data tentang distribusi spasial dan temporal ikan terbang *Exocoetidae* di Selat Makassar dilakukan 3 tahap penelitian.

4.2.1. Persiapan Penelitian

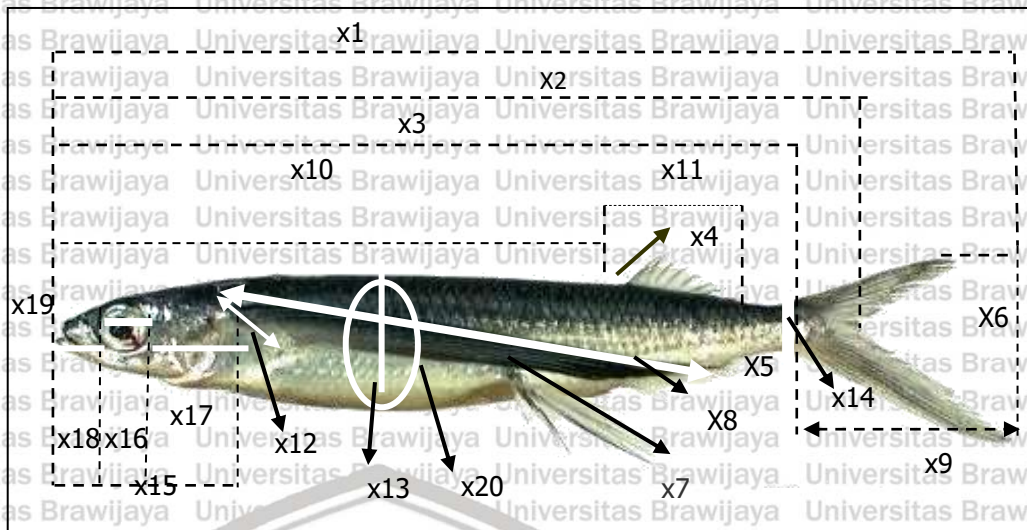
Pengumpulan Sampel

Koleksi sampel dilakukan secara acak dari hasil tangkapan nelayan. Sampel yang terkoleksi didokumentasikan dengan penamaan pengambil koleksi, tanggal koleksi, lokasi, catatan pada habitat, pemberian kode, nama pengidentifikasi dan foto (Trivedi *et al*, 2016). Sepuluh sampel ikan diawetkan dalam alkohol 96% untuk analisis molekuler. Setelah terendam alkohol 96% selama minimal 24 jam dan sampel telah terfiksasi sempurna dengan perubahan warnanya, ikan dibungkus kertas tisu yang dibasahi alkohol 96% dan disimpan dalam suhu -20°C (Kusuma *et al*, 2016). Penyimpanan sampel penelitian dilakukan di Laboratorium Ikhtologi, Universitas Brawijaya. Sampel ikan untuk pengamatan morfologi sebanyak 5 - 10 ekor ikan (tergantung jumlah tangkapan ikan yang diperoleh) didokumentasikan dengan disertai kode sampel dan alat ukur.

4.2.2. Penelitian Tahap I : Identifikasi Spesies

4.2.2.1. Identifikasi Morfologi

Pengamatan karakter morfologi dalam penelitian ini digunakan 20 variabel morfometrik meliputi panjang total (X1), panjang cagak (X2), panjang baku (X3), panjang sirip punggung (X4), panjang sirip dada (X5), tinggi sirip ekor (X6), panjang sirip perut (X7), panjang siri dubur (X8), panjang sirip ekor (X9), jarak antara bagian depan sirip punggung dengan ujung kepala (X10), panjang dasar sirip punggung (X11), panjang dasar sirip dada (X12), tinggi badan maximum (X13), tinggi batang ekor (X14), panjang kepala (X15), diameter mata (X16), panjang kepala belakang mata (X17), panjang kepala depan mata (X18), lebar bukaan mulut (X19), dan lingkaran badan (X20) (Gambar 4).



Gambar 4 Variabel morfometrik

4.2.2.2. Identifikasi Molekuler

Isolasi DNA pada penelitian ini dilakukan dengan metode fenol dan wizard promega kit. Pada penggunaan metode fenol, preparasi sampel ikan untuk isolasi DNA diawali dengan proses penyimpanan sebagian kecil sirip dada ikan dalam TNESU8 buffer yang mengandung urea dan SDS dari Dnase untuk memisahkan DNA sampel. 400 µl of TNESU8 dalam mikrotube steril alam ditambahkan 100 mg sampel ikan (Kusuma *et al*, 2017). DNA diekstraksi menggunakan metode fenol dengan prosedur yang dideskripsikan oleh (Asahida *et al*, 1996). Dua puluh (20) µl dari 20 mg/ml larutan proteinase K stock ditambahkan pada sampel DNA tersuspensi dan digoyang pada kecepatan 150 rpm dan 37°C selama semalam. Selanjutnya, 50 µl NaCl5M dan 500 µl phenol/chloroform (1:1) ditambahkan dan divortex selama 5 menit. Campuran tersebut disentrifuse pada 12000 rpm dalam suhu dingin 10 menit. Tiga ratus (300) µl chloroform/isoamyl alcohol (24:1) ditambahkan pada 100 µl supernatan, dan disentrifuse kembali selama 10 minutes pada 12000 rpm di suhu dingin.

Pengikatan DNA dilakukan dengan menambahkan 1000 µl 96% etanol dingin pada 100 µl of supernatant. Campuran tersebut divortex selama 5 menit

dan dimasukkan dalam GD column yang telah diberikan tabung koleksi. Suspensi disentrifugasi dingin selama 1 menit pada 5000 rpm. Presipitasi terselesaikan dengan memisahkan filtrat pada tabung koleksi. Tabung koleksi dicuci dengan 800 μ l 70% etanol dingin dan dikeringkan. Selanjutnya, tabung koleksi disentrifuse dingin pada 12000 rpm selama 5 menit. Hasil sentrifugasi terakhir ini diambil cairannya menggunakan mikropipet hingga tertinggal peletnya saja. Pelet direndam dalam 200 μ l Tris-EDTA buffer dan disimpan dalam freezer.

DNA total hasil purifikasi digunakan sebagai DNA cetakan untuk proses amplifikasi dengan teknik PCR. Proses PCR menggunakan primer forwar dan reverse sebanyak 2%, 50% PCR mix, 36% ddH₂O, dan 10% template DNA. Pengaturan PCR yang digunakan adalah pra-PCR (94°C selama lima menit), denaturasi (94°C selama 30 detik), annealing atau penempelan (52°C selama 30 detik), ekstensi atau pemanjangan (72°C selama 30 detik) dan post-PCR (72°C selama lima menit) sebanyak 35 siklus. Runutan nukleotida hasil PCR selanjutnya dibaca dengan menggunakan Applied Biosystems pada 1st base. Pemilihan sampel yang disekuensing didasarkan pada hasil uji kualitatif hasil PCR.

4.2.2.3. Analisis Sekuen DNA

Sekuens DNA dari gen COI yang diperoleh dari konstruksi sekuens DNA merupakan data mentah yang perlu diolah lebih lanjut sebelum dibandingkan dengan sekuens lainnya. Identifikasi spesimen dilakukan melalui konstruksi pohon kekerabatan dan persentase indeks kesamaan. Filogeni dapat berguna untuk mengetahui proses spesiasi (pembentukan spesies) yang menjadi fundamental memahami dan menjelaskan keanekaragaman hayati serta keakurasian status taksonomi spesies. Langkah rekonstruksi pohon filogenetik menggunakan aplikasi perangkat lunak.

Sekuen yang diperoleh memerlukan editing elektrogramnya untuk memotong urutan nukleotida primer dan ditranslasikan menjadi urutan nukleotida menggunakan program Chroma 2.6.6. Hasil perbaikan sekuens di susun konsensus sekuen forward dan reversenya menggunakan program Ugene 1.32. Urutan nukleotida dari mesing-masing populasi dianalisa keragaman genetiknya menggunakan aplikasi DnaSP versi 6. Paramter yang dianalisa adalah jumlah haplotipe (h), keragaman haplotipe (Hd), dan keragaman nukleotida (π).

Konsensus disejajarkan dengan sekuens lainnya menggunakan program Mesquite. Sekuen pembanding yang digunakan adalah sekuen genus *Exocoetidae* pada gen yang sama dan sekuen lainnya yang teridentifikasi memiliki kekerabatan dekat dengan sampel dari hasil NCBI blast. Penyejajaran sekuen dilakukan terhadap spesies hasil penyejajaran sekuens DNA di analisa filogenetik dengan Mega 10. Pohon filogenetik dikonstruksi menggunakan metode maximum likelihood model Kimura 2-parameter dengan 1000 replikasi bootstrap (Kimura, 1980). Editing pohon filogenetik menggunakan Figtree dan visualisasinya menggunakan Inkscape.

4.2.3. Penelitian Tahap II : Analisis kawasan potensial peangkapan ikan terbang berdasarkan model HSI dan GAM

Pengumpulan data hasil tangkapan, posisi penangkapan (lintang bujur) dan waktu penangkapan dilakukan selama satu tahun priode penelitian (Januari - Desember 2019). Data tangkapan ikan terbang *Exocoetidae* digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari data lapangan melalui keterlibatan langsung dalam kegiatan penangkapan. Untuk memprediksi area habitat yang sesuai, data tangkapan yang digunakan dalam penelitian ini adalah data penangkapan selama setahun (lama penelitian), serta data hasil tangkapan dari *logbook* nelayan dari tahun sebelumnya. Data yang digunakan dalam analisis adalah lokasi

penangkapan (garis lintang dan bujur), tanggal penangkapan dan berat tangkapan (kg). Dua parameter oseanografi utama digunakan untuk menentukan daerah potensial Ikan terbang *Exocoetidae* adalah klorofil-a dan suhu permukaan laut dari sensor MODIS-Aqua. Data satelit ini paling cocok untuk mengumpulkan informasi data global permukaan laut yang memiliki ukuran besar, berulang kali dan terus menerus dalam waktu yang singkat. Penentuan konsentrasi klorofil-a dan suhu permukaan laut dilakukan dengan mengekstraksi setiap data citra harian level 3 berdasarkan lokasi lintang dan bujur dari data tangkapan. Tanggal data citra yang diekstraksi adalah sama dengan tanggal penangkapan. Metode ini diimplementasikan dalam perangkat lunak SeaDAS dan ArcGIS.

Kisaran kesesuaian adalah kondisi yang sesuai dan diinginkan oleh spesies ikan untuk kelangsungan hidupnya. Penentuan Kelas kesesuaian untuk ikan terbang *Exocoetidae* terhadap parameter klorofil-a dan suhu permukaan laut dilakukan menggunakan dua metode analisis frekuensi (Andrade dan Garcia 1999; Lanz *et al*, 2009; Tseng *et al*, 2011; Zainuddin *et al*, 2008) dan analisis SI (Mustapha *et al*, 2010).

4.2.3.1 Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi menunjukkan frekuensi penangkapan di suatu daerah. Analisis ini didasarkan pada hubungan antara frekuensi penangkapan dan distribusi nilai konsentrasi klorofil-a dan suhu permukaan laut. Rumus frekuensi adalah sebagai berikut (Sudjana, 2005):

$$f(i) = \frac{n_i}{n} \times 100\%$$

di mana $f(i)$ adalah frekuensi penangkapan dalam kisaran i ; n_i adalah jumlah data tangkapan dalam kisaran i ; dan n adalah jumlah data tangkapan secara keseluruhan. Kisaran kesesuaian ikan terbang untuk setiap klorofil-a dan suhu

permukaan laut ditentukan berdasarkan persentase frekuensi penangkapan tertinggi

4.2.3.2 Analisis Indeks Kesesuaian (SI)

Grafik frekuensi penangkapan digunakan untuk melihat frekuensi penangkapan pada konsentrasi klorofil-a dan suhu permukaan laut. Grafik kumulatif keduanya dua parameter dihasilkan untuk mendapatkan nilai SI menggunakan rumus (Mustapha *et al.* 2010):

$$SI = \frac{\text{Gradien } i}{\text{Gradien maksimum}}$$

di mana SI adalah indeks kesesuaian; *i* adalah gradien dari setiap klasifikasi untuk parameter klorofil-a dan suhu permukaan laut. Konsentrasi klorofil-a dan suhu permukaan laut paling tinggi (SI = 1,00) adalah nilai kisaran yang paling cocok untuk ikan terbang *Exocoetidae* (Mustapha *et al.*, 2010).

4.2.3.3 Analisis *General Additive Model* (GAM) Untuk Penentuan Daerah Potensial Penangkapan Ikan

Hubungan antara spesies ikan dan parameter oseanografi adalah satu hubungan nonlinear (Bertrand *et al.*, 2004; Bigelow *et al.*, 1999; França *et al.*, 2012).

Ini berarti bahwa ketika nilai konsentrasi klorofil-a dan suhu permukaan laut optimal yang disukai oleh ikan. Sebaliknya, pada nilai klorofil-a dan suhu permukaan laut tertentu kurang atau lebih tinggi dari kondisi optimal itu kurang cocok untuk ikan. Analisis GAM digunakan untuk menganalisis data hasil tangkapan, konsentrasi klorofil-a dan suhu permukaan laut pada setiap lintang dan bujur lokasi penangkapan digunakan sebagai input dalam perangkat lunak "R" (versi 3.0.2). Formula GAM yang digunakan adalah sebagai berikut (Hastie dan Tibshirani 1990):

$$y = a + s(\text{klorofil}) + s(\text{suhu permukaan laut}) + e$$

di mana y adalah total hasil tangkap, a adalah konstanta, s adalah fungsi kelengkungan dari masing-masing variabel (klorofil- a dan suhu permukaan laut); dan e adalah istilah kesalahan acak. Selain itu untuk mengetahui hubungan antara hasil tangkapan ikan terbang *Exocoetidae* dengan parameter klorofil- a dan suhu permukaan laut, analisis ini juga bertujuan untuk memperoleh nilai s dari masing-masing variabel klorofil- a dan suhu permukaan laut. Nilai s adalah salah satu komponen yang diperlukan untuk membuat persamaan untuk perkiraan wilayah potensi perikanan.

4.2.3.4 Penilaian Akurasi Peta Potensi Daerah Penangkapan Ikan

Peta potensi hasil analisis GAM menunjukkan hasil tangkapan potensial (kg), sedangkan peta potensi hasil analisis SI menunjukkan kawasan potensial dan tidak hanya potensial (tidak ada informasi tentang potensi hasil tangkapan). Penilaian akurasi hanya dapat dilakukan pada peta potensi hasil analisis GAM saja karena data asli hasil tangkapan ikan memiliki informasi berat tangkapan (kg). Penilaian akurasi dilakukan dengan membandingkan data hasil tangkapan ikan asli yang diperoleh di lapangan dengan daerah tangkapan potensial yang telah dihasilkan berdasarkan analisis GAM. Sebanyak 30 lokasi penangkapan ikan digunakan untuk melakukan penilaian akurasi ini. Data simpan berguna untuk mengetahui keakuratan model prediksi yang digunakan dalam menghasilkan peta potensial penangkapan ikan tersebut (Vasconcelos *et al*, 2013).

Penilaian akurasi peta wilayah potensi penangkapan dilakukan dengan menggunakan statistik Kappa, perhitungan Kappa adalah salah satu teknik multi varian diskrit yang mengikuti digunakan dalam penilaian akurasi (Cohen, 1960).

Hasil perhitungan statistik Kappa adalah statistik KHAT, yaitu perkiraan evaluasi

Kappa yang menunjukkan ukuran persetujuan atau akurasi (Congalton, 1991).

Rumus statistik Kappa ditampilkan sebagai berikut:

$$K^{\wedge} = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})}$$

dimana K^{\wedge} adalah nilai statistik Kappa; N adalah jumlah observasi; r adalah jumlah baris dalam matriks; x_{ii} adalah jumlah observasi berturut-turut i hari kolom i; x_{i+} dan x_{+i} masing-masing adalah jumlah marginal baris i dan kolom i. Kolom mewakili data referensi sedangkan baris pada gilirannya menunjukkan klasifikasi yang dihasilkan dari data penginderaan jauh (Arcidiacono dan Porto, 2012; Congalton, 2005).

4.2.4. Penelitian Tahap III : Analisis kawasan potensial peangkapan ikan terbang berdasarkan model *Upwelling*

Kejadian *upwelling* pada suatu wilayah dapat diidentifikasi dengan melihat faktor lingkungan seperti suhu permukaan laut yang lebih rendah dan konsentrasi klorofil-a yang lebih tinggi dari sekitarnya (Nontji, 2005). Dalam menentukan prediksi lokasi *upwelling* di Selat Makassar digunakan beberapa data (Tabel 3).

Tabel 3. Data prediksi *upwelling*

No	Jenis Data	Tahun	Sumber Data	Keterangan
1.	Klorofil-a	2019	oceandata.sci.gsfc.nasa.gov	Citra aqua MODIS Level 3
2.	Suhu permukaan laut	2019	oceandata.sci.gsfc.nasa.gov	Citra aqua MODIS Level 3
3.	Angin	2019	Badan Metereologi Klimatologi dan Geofisika	

Penentuan kriteria *upwelling* di perairan Selat Makassar dilakukan dengan dua cara yaitu kriteria *upwelling* berdasarkan nilai sebaran klorofil-a dan kriteria *upwelling* berdasarkan nilai sebaran SPL (Kunarso *et al*, 2005). Penentuan kriteria *upwelling* di analisis permingguan dan bulanan.

1. Kriteria *upwelling* berdasarkan nilai sebaran klorofil-a

a. Menentukan batas garis

Batas bawah (C) = nilai rata-rata - standar deviasi

Batas tengah (B) = nilai rata-rata + standar deviasi

Batas atas (A) = batas tengah + (2 x standar deviasi)

b. Menentukan kriteria *upwelling*

Upwelling sangat lemah (USL) = USL > batas bawah (C)

Upwelling lemah (UL) = batas bawah (C) > UL > batas tengah (B)

Upwelling kuat (UK) = batas tengah (B) > UK > batas atas (A)

Upwelling sangat kuat (USK) = USK < batas atas (A)

2. Kriteria *upwelling* berdasarkan sebaran SPL

a. Menentukan batasan garis

Batas atas (A) = nilai rata-rata + (0,5 x standar deviasi)

Batas tengah (B) = nilai rata-rata - (0,5 x standar deviasi)

Batas bawah (C) = batas tengah - (standar deviasi)

b. Menentukan kriteria *upwelling*

Upwelling sangat lemah (USL) = USL < batas atas (A)

Upwelling lemah (UL) = batas atas (A) < UL < batas tengah (B)

Upwelling Kuat (UK) = batas tengah (B) < UK < batas bawah (C)

Upwelling sangat kuat (USK) = USK > batas bawah (C)

Sebaran *upwelling* mingguan dapat digambarkan atau dipetakan dengan menggunakan kriteria *upwelling* klorofil-a ditambahkan dengan *upwelling* suhu permukaan laut. Untuk mendapatkan gambaran hubungan antara hasil tangkapan dan kejadian *upwelling* maka sebaran *upwelling* yang dipetakan didasarkan pada hari kegiatan penangkapan ikan terbang.

Upwelling sangat lemah (USL) = klorofil-a SL + suhu permukaan laut SL

Upwelling lemah (UL) = klorofil-a L + suhu permukaan laut L

Upwelling Kuat (UK) = klorofil-a K + suhu permukaan laut K

Upwelling sangat kuat (USK) = klorofil-a SK + suhu permukaan laut SK

untuk mendapatkan gambaran secara utuh kejadian *upwelling* di perairan Selat Makasar maka dilakukan sebagai berikut :

1. Menyamakan parameter kondisi perairan saat ikan terbang tertangkap yakni suhu permukaan laut dan klorofil dengan merubah nilai citranya
2. Membuat peta arah dan kecepatan angin.



BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Ikan Terbang *Exocoetidae*

Ikan terbang *Exocoetidae* adalah sekelompok ikan air laut yang beranekaragam dan melimpah serta tersebar luas di laut tropis dan subtropis.

Karakter morfometrik dapat digunakan sebagai penciri taksonomi dalam mengidentifikasi spesies ikan. Setiap spesies ikan memiliki ukuran mutlak yang berbeda-beda dan dipengaruhi beberapa faktor yakni umur, jenis kelamin, dan lingkungan hidupnya. Karakter morfometrik juga dapat digunakan untuk mengetahui fase pertumbuhan ikan (Turan, 1998). Karakter morfologi ikan dapat digunakan untuk identifikasi jenis ikan. Pembatas utama dari karakter morfologi dalam tingkat intra spesies adalah variasi fenotip yang tidak selalu tepat dibawah kontrol genetik yang dipengaruhi oleh perubahan lingkungan. Berikut ini adalah penciri morfologi yang dimiliki setiap genus ikan terbang *Exocoetidae* (Tabel 4) (Compagno, 1998)

Tabel 4. Penciri morfologi dari genus ikan terbang *Exocoetidae*

No	Genus	Ciri-Ciri
1	<i>Parexocoetus</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sirip dada cukup panjang, tidak mencapai bagian posterior dari dasar sirip dubur; cabang dada ada garis lateral; rahang atas protrusible. 2. Sirip dada sangat panjang, menjangkau di luar pangkal sirip dubur hingga, atau hampir ke pangkal sirip ekor; cabang dada dari garis lateral tidak ada; rahang atas tidak menonjol.
2	<i>Exocoetus</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sirip perut pendek, tidak mencapai asal sirip dubur (nyaris tidak mencapai pada remaja), dimasukkan lebih dekat ke penyisipan sirip dada daripada ke asal sirip dubur. 2. Sirip perut panjang, mencapai jauh melampaui asal sirip dubur, disisipkan lebih dekat ke asal sirip dubur daripada ke penyisipan sirip dada.
3	<i>Hirundichthys</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Asal sirip dubur sedikit sebelum, di bawah atau tidak lebih dari 2 sinar di belakang asal sirip punggung; sirip punggung biasanya dengan lebih sedikit, atau jumlah yang sama dari sirip dubur; remaja tidak barbell. 2. Asal sirip dubur 3 sinar atau lebih di belakang asal sirip punggung; sirip punggung biasanya dengan 2 sampai 5 sinar lebih dari sirip dubur; remaja barbel atau tidak barbell.
4	<i>Prognichthys</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 3 atau 4 jari sirip dada pertama tidak bercabang; remaja tidak barbelled. 2. Sinar sirip dada 1 atau 2 pertama tidak bercabang ; remaja

barbel atau barbel

5 *Cypselurus*

1. Rahang bawah sedikit lebih pendek dari rahang atas dan termasuk di bawah rahang atas; remaja dengan satu barbel atau tidak barbell

6 *Cheilopogon*

1. Kedua rahang dengan panjang yang sama, atau rahang bawah sedikit lebih panjang dari rahang atas; anak-anak, remaja dengan barbel berpasangan

Ikan terbang merupakan ikan epipelagic yang mudah dibedakan dengan siripnya yang membesar, yang digunakan untuk terbang. *Exocoetidae* merupakan elemen penting pada rantai makanan epipelagic dimana ikan terbang sebagai pemakan zooplankton Parin (1998) terdiri dari 71 spesies yang valid berdasarkan morfologi dan tersebar di wilayah tropis dan subtropis, namun belum ada studi lanjut terkait filogenetik yang telah dilakukan untuk wilayah perairan Selat Makassar. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dengan analisis DNA barcoding hingga ke tingkat spesies untuk famili *Exocoetidae* berdasarkan gen CO1 diperoleh hasil yang berbeda dengan dugaan awal dengan teknik indentifikasi morfologi.

Hasil penelitian yang telah dilakukan di perairan Selat Makassar dengan *fishing base* Kec. Somba Kab. Majene Sulawesi Barat pada bulan Januari – Desember 2019 diperoleh hasil identifikasi spesies ikan terbang secara morfologi dan genetik diketahui bahwa di perairan Selat Makassar yang masuk dalam kawasan WPPNRI 713 terdapat 4 genus yakni *Cypselurus*, *Exocoetidae*, *Cheilopogon* dan *Hirundichthys*. Dari 4 genus tersebut diperoleh 9 spesies ikan terbang dari famili *Exocoetidae* yaitu: *Cypselurus callopterus*, *Exocoetidae monocirrus*, *Cheilopogon nigricans*, *Cheilopogon spilonotopterus*, *Cheilopogon abei* (morfologi), *Cheilopogon intermedius*, *Hirundichthys speculiger* dan 1 spesies dari famili *Hemirhamphidae* yang ditemukan bersama dengan ikan terbang yakni *Oxyporhampus micropterus micropterus* (Lampiran 3). Genus *Cheilopogon* yang

diperoleh di Selat Makassar cukup beragam, dan memiliki tingkat kemiripan antar spesies yang sangat kompleks. Hal ini sejalan dengan pernyataan Lewallen, (2012) yang mengatakan bahwa genus *Cheilopogon* di perairan Australia cukup beragam dan bukan monofiletik.

5.2. Analisis pohon filogenetik

Proses identifikasi ikan terbang begitu sulit dikarenakan rusaknya karakter morfologi setelah ditangkap dan diawetkan dalam waktu yang lama dan bentuk morfologi yang mirip akibat kedekatan genetik antar individu cukup tinggi, untuk itu diperlukan suatu pendekatan agar dapat memastikan individu yang ditemukan dengan menggunakan analisis DNA barcoding. Amplifikasi PCR pada 10 spesies sampel ikan terbang menggunakan primer Wizard Promega Purification diperoleh panjang basa (bp) pada lokus control region mitochondrial DNA adalah 720 bp (base pairs). Panjang basa yang ditemukan adalah Ukuran panjang basa normal yang biasanya ditemukan pada ikan, sebagaimana dilaporkan oleh (Liu *et al*, 1999) dan Ali *et al* (2004) bahwa ukuran panjang basa pada ikan berkisar 200-1500 bp. Perbedaan panjang basa (bp) dari hasil amplifikasi yang dilakukan disebabkan karena perbedaan jumlah sampel, kualitas DNA yang ditemukan, spesifik primer, ukuran panjang primer, komposisi basa-basa primer, lingkungan, makanan dan keturunan (Williams *et al* 1990; Shizuka dan Lyon, 2008). Namun secara umum perbedaan panjang basa dan penggunaan primer yang berbeda tidak menunjukkan adanya pengaruh terhadap hasil analisis yang dilakukan.

Analisis filogenetik dilakukan dengan aplikasi MEGA.10 (Tamura *et al*, 2011). Pada software ini dilakukan proses penjajaran sekuen agar dapat melihat kemiripan yang nyata antar sekuens dengan metode DNA Weight Matrix ClustalW (1.6) dan Translation Weight (0.5). Identifikasi spesies melalui aplikasi BLAST (*Basic Local Alignment Tools*) yang tersedia pada program MEGA10. Analisis

filogenetik untuk melihat hubungan kekerabatan ikan terbang *Exocoetidae* antara populasi dilakukan dengan melibatkan seluruh sampel yang ditemukan dengan specimen sampel yang diperoleh di NCBI. Rekonstruksi pohon filogenetik dengan metode neighbor joining, model evolusi Kimura 2-parameter dan replikasi bootstraps 1000 melalui tahapan sekuens diedit kemudian diurutkan (*alignment*) terlebih dahulu dengan model ClustalW (1.6)

a. Genus *Exocoetus*

Genus *Exocoetus* memiliki keunikan tersendiri diantara genus ikan terbang lainnya yakni, daya apung telur pada laut lepas dan tidak bergantung pada kondisi substrat (Kovalevskaya, 1982). Selain itu, spesies dari genus ini memiliki kemampuan untuk terbang (meluncur di permukaan air) lebih cepat dari yang lain yang sangat diperlukan untuk menghindari pemangsa predator berkecepatan tinggi seperti ikan tuna. Fish (1990); Parin dan Shakhovskoy, (2000) melaporkan bahwa dugaan habitat *Exocoetus volantis* dan *Exocoetus peruvianus* berada pada daerah oseanik, sedangkan *Exocoetus monocirrhus* bersifat oseanik-neritik karena sering muncul di wilayah dekat pesisir dan perairan dalam.

Dalam penelitian ini, diperoleh hasil BLAST yang menunjukkan sampel dari spesies *Exocoetidae monocirrhus* memiliki tingkat kemiripan di atas 90% dengan nilai tinggi yaitu 99.50% – 99.9%. Hasil analisis DNA spesies untuk genus *Exocoetus* yang pertama kali ditemukan di Selat Makassar yakni *Exocoetidae monocirrhus*. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian terdahulu dari Parin dan Shakhovskoy, (2000) bahwa *Exocoetus monocirrhus* terdistribusi di seluruh perairan tropis dan subtropis, sedangkan *Exocoetus volitans* lebih terbatas di perairan tropis. Analisis pohon filogenetik untuk sampel *Exocoetus monocirrhus* berada dalam satu grup yang sama dengan beberapa spesies *Exocoetus monocirrhus* yang datanya diperoleh dari NCBI. Sampel dari Selat Makassar

Phylogenetic tree showing relationships between *Exocoetus monocirrus* (MKS) and other species. The tree is rooted at the bottom left. The species names are listed on the right, with their corresponding accession numbers and species names. The bootstrap values are indicated at the nodes.

- Exocoetus monocirrus* (MKS) (Accession: MH638790.1)
- Exocoetus monocirrus* (Accession: JF493488.1)
- Exocoetus monocirrus* (Accession: HQ945899.1)
- Hirundichthys speculiger* (Accession: KX769057.1)
- Oxyporhamphus micropterus* (Accession: KX769057.1)

Bootstrap values: 98, 98, 34.

b. Genus *Cheilopogon*

Dalam penelitian ini ditemukan empat spesies ikan terbang di Selat Makassar dari genus *Cheilopogon* yakni *Cheilopogon abei*, *Cheilopogon intermedius*, *Cheilopogon spilonopterus* dan *Cheilopogon nigricans*. Untuk *Cheilopogon nigricans* dan *Cheilopogon intermedius* merupakan temuan pertama di Selat Makassar. Genus *Cheilopogon* merupakan salah satu genus dari famili *Exocoetidae* dengan temuan spesies terbanyak yang ditemukan selama

penelitian. Hal ini sejalan dengan (Lewallen, 2012) yang mengatakan *Cheilopogon* adalah genus ikan terbang yang paling spesifik dan rumit secara taksonomi karena memiliki banyak kesamaan ciri satu dengan yang lainnya). Secara umum genus *Cheilopogon* bersifat neritic, oseanik dan endemik untuk wilayah perairan tertentu (Parin, 1961; Parin, 1998).

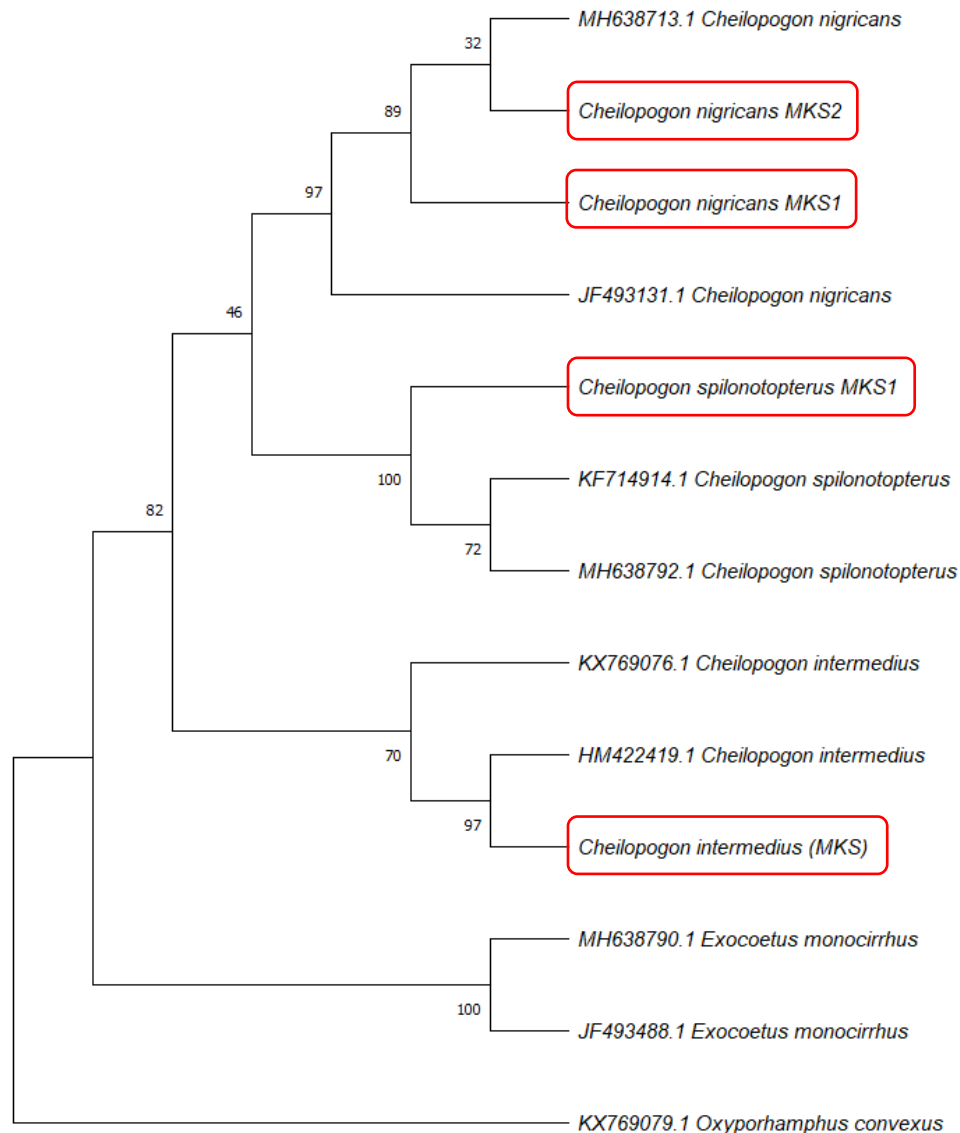
Hasil BLAST yang menunjukkan empat sampel dari genus *Cheilopogon* yang ditemukan di Selat Makassar memiliki tingkat kemiripan di atas 90% dengan nilai tinggi yaitu 96,00% – 99,9% . Hasil analisis DNA spesies untuk genus

Cheilopogon yang ditemukan di Selat Makassar yakni *Cheilopogon abei*, *Cheilopogon intermedius*, *Cheilopogon spilonotopterus* dan *Cheilopogon nigricans*.

Analisis pohon filogenetik untuk sampel *Cheilopogon intermedius* berada dalam satu grup yang sama dengan beberapa spesies *Cheilopogon intermedius* yang diperoleh dari NCBI, dimana jarak genetik sampel Selat Makassar berada dalam grup yang sama dan dekat dengan sampel NCBI HM422419.1 yang berasal dari Indonesia, kemudian sampel dari perairan Taiwan juga berada dalam kelompok yang sama. Spesies *Cheilopogon nigricans* diperoleh dua sampel DNA dari Selat Makassar dimana sampel *Cheilopogon nigricans* MKS2 memiliki jarak genetik yang tinggi dengan spesies MH638713.1 dari Cina. Sementara untuk sampel *Cheilopogon nigricans* MKS1 memiliki jarak genetik yang dekat dengan sampel KF714914.1 dari Afrika Selatan. Keempat spesies *Cheilopogon nigricans* berada dalam satu grup yang sama.

Untuk spesies *Cheilopogon spilonotopterus* yang diperoleh dari Selat Makassar memiliki jarak genetik yang lebih dekat dengan sampel dari Filipina dibandingkan dengan sampel dari Cina, spesies *Cheilopogon* juga berada dalam satu grup yang sama (Gambar 6). Total panjang fragmen DNA yang dihasilkan

pada sampel ikan terbang dari genus *Cheilopogon* antar spesies yakni 627 bp, 650 bp dan 680 bp.



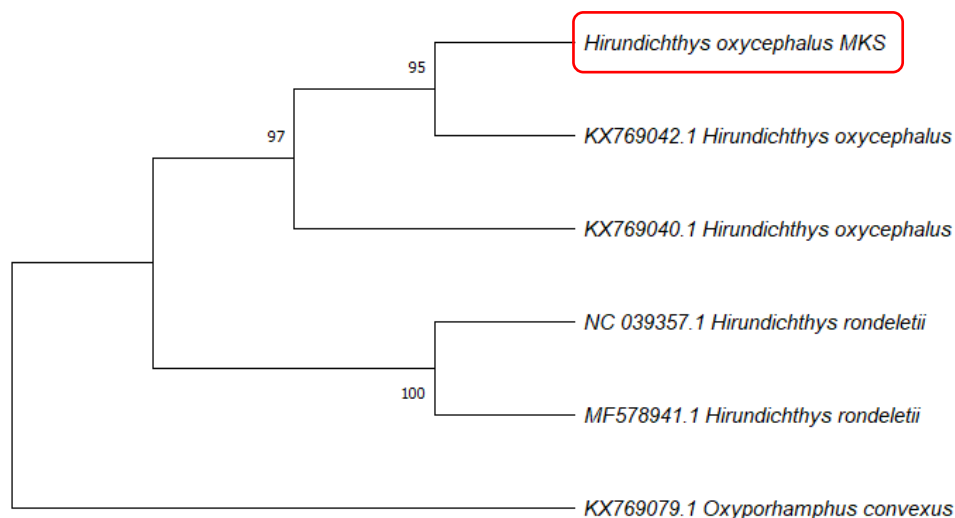
Gambar 6. . Pohon filogenetik genus *Cheilopogon*

c. Genus *Hirundichthys*

Hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa satu spesies dari genus *Hirundichthys* ditemukan pertama kali di Selat Makassar berdasarkan hasil analisis DNA, yakni *Hirundichthys oxycephalus*. Umumnya genus *Hirundichthys* memiliki telur yang mengapung, berserabut dan menempel pada

puing-puing yang mengapung di perairan (Collette BB et al, 1984). Hal ini sesuai dengan deskripsi habitat *Hirundichthys* berada pada wilayah oseanik (Parin, 1996). Hasil BLAST yang menunjukkan sampel dari spesies *Hirundichthys oxycephalus* memiliki tingkat kemiripan di atas 95% dengan nilai tinggi yaitu 99.9%.

Hasil analisis DNA spesies untuk genus *Hirundichthys* yang ditemukan di Selat Makassar yakni *Hirundichthys oxycephalus*. Hal ini sesuai dengan beberapa hasil penelitian terdahulu yang menyatakan spesies *Hirundichthys oxycephalus* mendiami wilayah Selat Makassar dan memiliki telur yang menjadi target utama dari nelayan pattrani (Ali, 2019; Indrayani et al, 2020; Parenrengi et al, 2016; Yahya, 2006). Analisis pohon filogenetik untuk sampel *Hirundichthys oxycephalus* berada dalam satu grup dari spesies NCBI KX769042.1 yang berasal dari Taiwan dengan jarak genetik diatas 95% (Gambar 7).

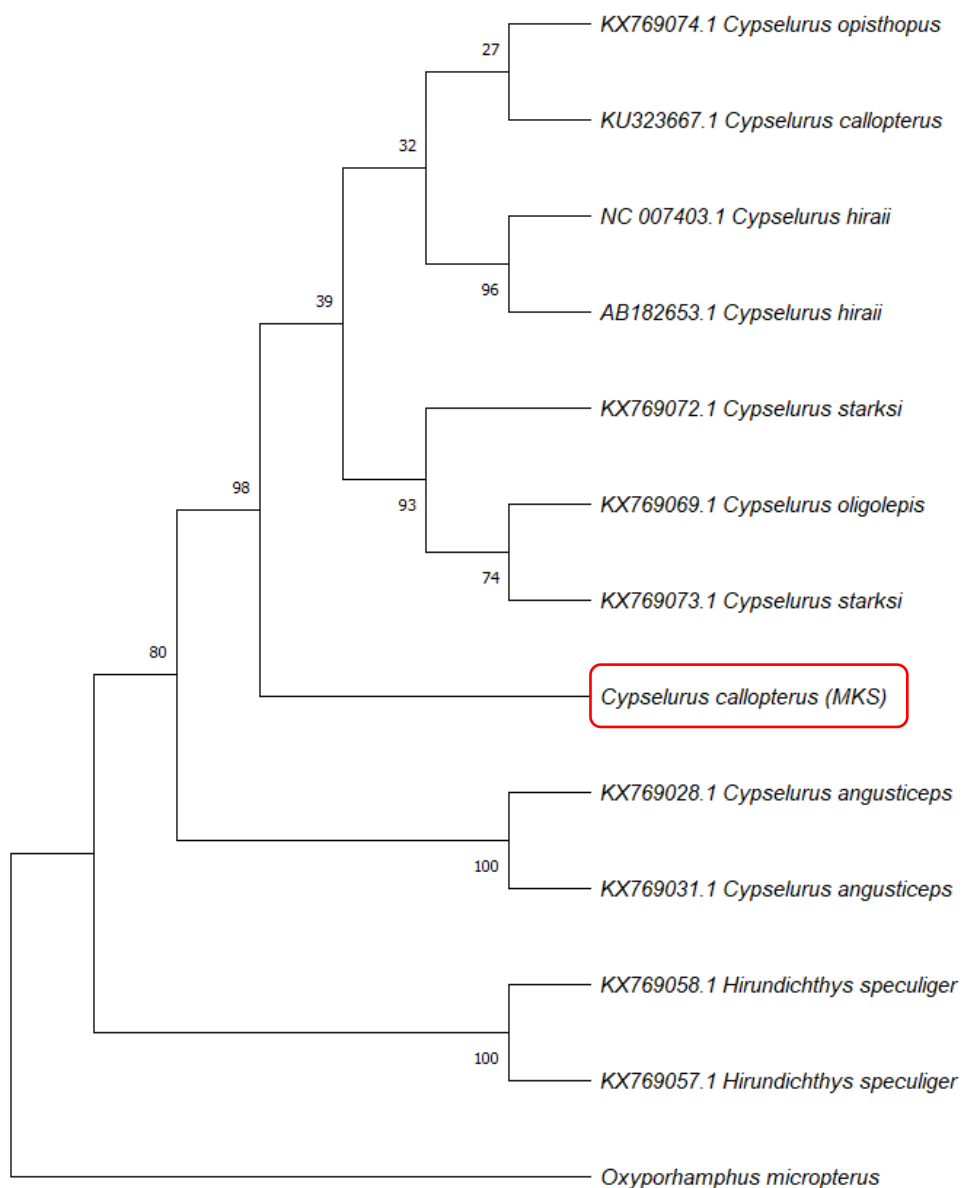


Gambar 7. Pohon filogenetik genus *Hirundichthys*

d. Genus *Cypselurus*

Hasil penelitian berdasarkan analisis DNA dari specimen ikan terbang yang tertangkap di Selat Makassar diperoleh satu spesies yakni *Cypselurus callopterus*, dimana ini merupakan temuan pertama di Selat Makassar dan merupakan distribusi terjauh setelah sebelumnya dilaporkan bahwa *Cypselurus callopterus* hanya mendiami pesisir Meksiko hingga Ekuador (Lewallen 2012; Shakhovskoy dan Parin, 2010). Spesies ikan terbang ini lebih menyukai perairan neritik (daerah-daerah berkepulauan), dan ketika memasuki fase ikan remaja dianggap mampu berasosiasi dengan sampah organik yang mengapung, seperti rumput laut (Shakhovskoy dan Parin, 2010). Dengan temuan pertama ikan terbang *Cypselurus callopterus* di wilayah Selat Makassar menjadikan spesies ini tidak lagi endemik dimana hanya mendiami perairan pesisir Meksiko dan Ekuador (Lewallen, 2012)

Dalam penelitian ini, diperoleh hasil BLAST yang menunjukkan sampel dari spesies *Cypselurus callopterus* memiliki tingkat kemiripan di atas 90%. Namun dalam rekonstruksi pohon filogenetik (Gambar 8) spesies dari Selat Makassar berada diluar grup yang berbeda dengan spesies yang sama, hal ini bisa disebabkan oleh banyaknya perbedaan nukleotida yang ada pada spesies ikan terbang *Cypselurus callopterus* yang berasal dari wilayah Selat Makassar. Total panjang fragmen DNA yang dihasilkan pada sampel ikan terbang *Cypselurus callopterus* yaitu 630 bp.



Gambar 8. Pohon filogenetik genus *Cypselurus*

5.3. Profil Suhu Permukaan Laut, Klorofil-a dan Hasil tangkapan tahun 2019

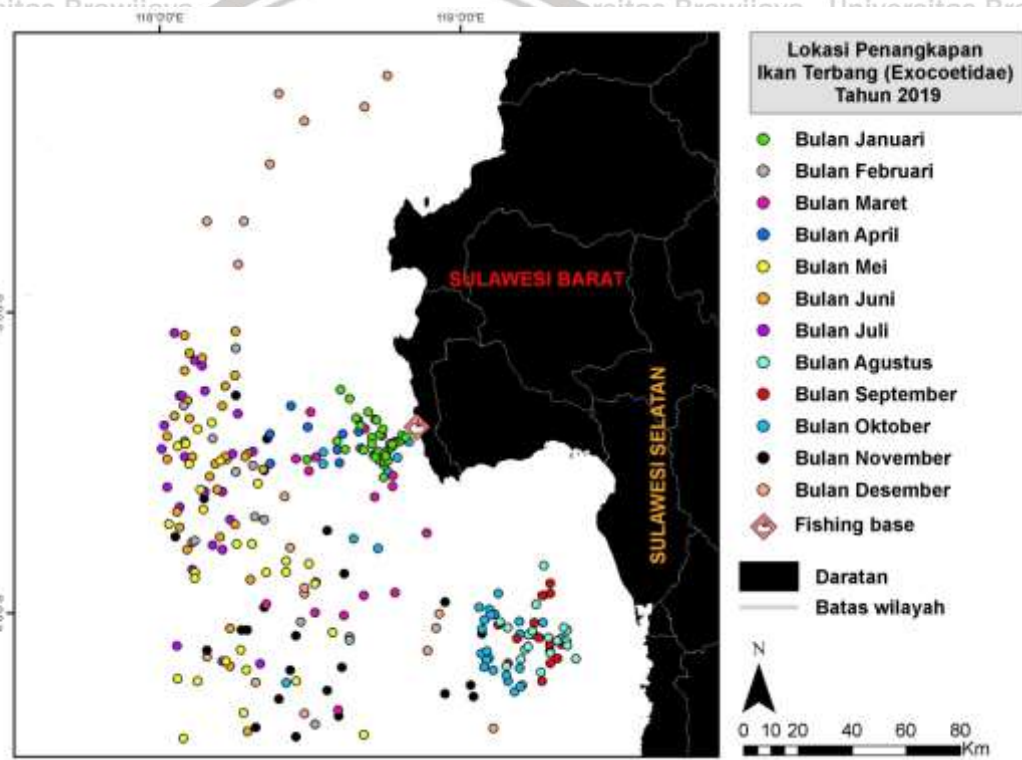
Kondisi iklim Indonesia dipengaruhi fenomena *El Nino Southern Oscillation* (ENSO) yang bersumber dari wilayah timur Indonesia (ekuator pasifik tengah) dan *Indian Ocean Dipole* (IOD) yang bersumber dari wilayah barat Indonesia (Samudra Hindia barat-Sumatera hingga timur Afrika), disamping dipengaruhi oleh fenomena regional, seperti sirkulasi monsun Asia-Australia, Daerah Pertemuan angin antar tropis atau *Inter Tropical Convergence Zone* (ITCZ) yang merupakan daerah pertumbuhan awan, serta kondisi suhu permukaan laut sekitar wilayah Indonesia (BMKG, 2018). Selat Makassar bagian selatan merupakan salah satu perairan yang relatif lebih subur karena diduga ada penaikan massa air dalam ke lapisan permukaan yang sifatnya lokal dan temporer dalam areal yang sempit (Samada *et al*, 2019). Suburnya perairan Selat Makassar terjadi sepanjang tahun bukan hanya pada musim barat tetapi juga pada musim timur. Pada musim barat penyuburan terjadi karena adanya run off dari daratan Kalimantan maupun Sulawesi dalam jumlah besar akibat curah hujan yang cukup tinggi, sedangkan pada musim timur penyuburan terjadi karena adanya penaikan massa air (*upwelling*) di selatan Selat Makassar (Inaku, 2011; Samada *et al*, 2019).

Kondisi permukaan laut yang selalu berubah setiap waktu membutuhkan data penginderaan jauh dari citra Aqua-MODIS untuk memberikan informasi secara temporal. Kelebihan citra Aqua-MODIS memiliki spektral panjang gelombang (resolusi radiometrik), cakupan lahan yang lebih teliti (resolusi spasial), dan lebih seringnya frekuensi pengamatan (resolusi temporal). Distribusi konsentrasi suhu permukaan laut dan klorofil-a di wilayah Selat Makassar selama kurun waktu 2008 – 2018 berkisar antara suhu permukaan laut $28,34 - 31,14^{\circ}\text{C}$ dan klorofil-a $0,2633 - 0,7540 \text{ mg/m}^3$. Data rata-rata bulanan suhu permukaan laut dan klorofil-a dari 2008 hingga 2018 digunakan sebagai acuan untuk mengetahui

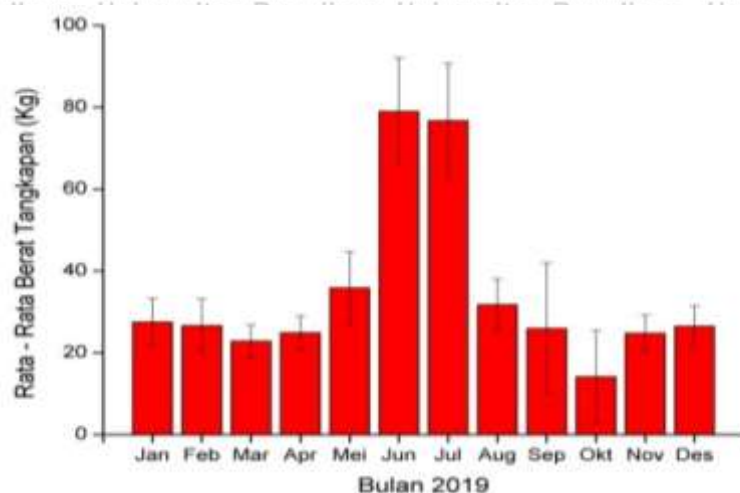
pola musiman kedua parameter tersebut di perairan Selat Makassar. Secara spasial tidak terlihat adanya perbedaan yang signifikan antara suhu permukaan laut perairan dekat pantai dan suhu permukaan laut laut lepas. Sedangkan secara temporal suhu permukaan laut cenderung tinggi di bulan Februari sampai April, lalu mulai menurun pada bulan Mei hingga Agustus. Setelah Agustus, mulai terlihat kecenderungan suhu permukaan laut yang mulai meningkat hingga Desember. Suhu permukaan laut pada bulan Juni, Juli, Agustus pada periode 2008-2018 menunjukkan nilai yang paling rendah dibandingkan dengan bulan-bulan lainnya (Lampiran 3). Nilai terendah terjadi pada bulan Agustus 2015 dengan nilai suhu permukaan laut sebesar $28,34^{\circ}\text{C}$. Suhu permukaan laut tinggi cenderung terjadi pada bulan-bulan Desember hingga April dengan nilai suhu permukaan laut tertinggi terjadi pada April 2017 dengan nilai sebesar $31,14^{\circ}\text{C}$.

Untuk pola sebaran spasial klorofil-a di lokasi penelitian terlihat sangat jelas. Pada bulan Juni hingga Oktober konsentrasi klorofil-a lebih tinggi pada perairan pantai dibandingkan dengan laut lepas. Peningkatan konsentrasi klorofil-a terutama di wilayah pesisir barat dan timur Selat Makassar. Pola temporal konsentrasi klorofil-a cenderung stabil pada kondisi rendah selama periode bulan Januari hingga Maret. Peningkatan konsentrasi klorofil-a mulai terlihat memasuki bulan April hingga Mei. Konsentrasi klorofil-a kembali menurun sejak bulan November hingga Desember. Konsentrasi klorofil-a cenderung lebih tinggi pada bulan Juni, Juli, Agustus dibandingkan dengan bulan lainnya, kecuali pada tahun 2011, 2012 dan 2015 rata-rata konsentrasi klorofil-a tertinggi terjadi pada bulan Oktober. Rata-rata klorofil-a terendah terjadi pada bulan Desember tahun 2012 dan 2014 dengan nilai sebesar $0,13 \text{ mg/m}^3$ sedangkan nilai rata-rata tertinggi terjadi pada bulan Oktober 2015 dengan nilai sebesar $0,75 \text{ mg/m}^3$.

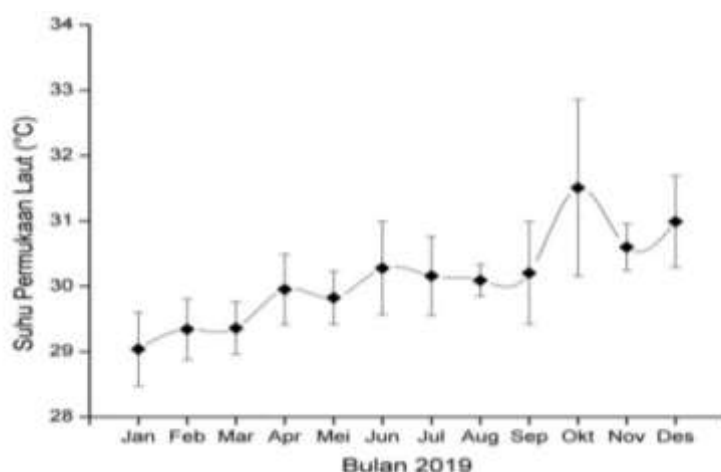
Berdasarkan hasil penelitian di sebagian wilayah Selat Makassar (Gambar 9) yang telah dilakukan selama kurun waktu satu tahun yang dimulai pada bulan Januari hingga Desember 2019 diperoleh data kegiatan penangkapan sebanyak 278 data hasil tangkapan, dengan hasil tangkapan tertinggi terjadi pada bulan Juni dan Juli dan terendah pada bulan Oktober (Gambar 10). Sedangkan parameter SPL (Gambar 11) dan klorofil-a (Gambar 12) tertinggi masing pada bulan Oktober dan Juni, dan terendah ditemukan pada bulan Januari dan Februari, sedangkan klorofil ditemukan pada bulan Maret dan April.



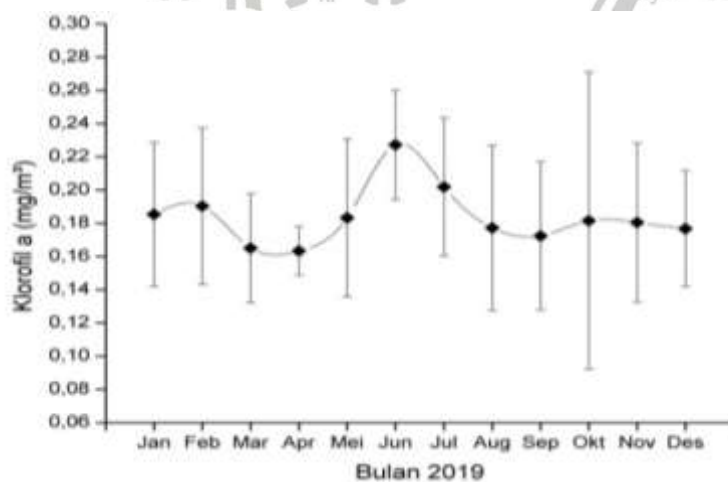
Gambar 9. Lokasi Penangkapan Ikan Terbang (*Exocoetidae*) di sebagian Perairan Selat Makassar Indonesia



Gambar 10. Grafik rata-rata hasil tangkapan (kg) Ikan Terbang Setiap Bulan tahun 2019



Gambar 11. Grafik rata-rata Suhu Permukaan Laut (°C) Setiap Bulan tahun 2019



Gambar 12. Grafik rata-rata Konsentrasi Klorofil-a (mg/m³) Setiap Bulan tahun 2019

5.4. Hasil Tangkapan Ikan Terbang

Kegiatan penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* di perairan Selat Makassar dengan *fishing base* Desa Somba Kabupaten Majene Provinsi Sulawesi Barat berlangsung sepanjang tahun. Periode penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* yang dilakukan oleh nelayan lokal dibagi menjadi tiga musim yaitu awal musim, musim puncak dan akhir musim (Yahya, 2006). Awal musim terjadi pada bulan September hingga Januari, kemudian musim puncak dimulai pada bulan Februari hingga Juli dan akhir musim dimulai pada bulan Agustus hingga Januari. Data hasil tangkapan ikan terbang *Exocoetidae* berdasarkan pengelompokan musim penangkapan diperoleh jumlah hasil tangkapan ikan yang berbeda-beda. Waktu kegiatan operasi penangkapan ikan terbang sangat tergantung kepada jenis perahu. Apabila mempergunakan perahu Sandeq, perahu yang umumnya dipergunakan oleh nelayan-nelayan di wilayah majene waktu penangkapan dilakukan selama 1 hari (*one day fishing*). Sedangkan apabila mengoperasikan perahu motor dengan ukuran 5 hingga 10 GT biasanya penangkapan ikan terbang dapat lebih dari beberapa hari, karena perahu ini dilengkapi dengan es sebagai bahan pengawet alami untuk menjaga kesegaran hasil tangkapan ikan terbang *Exocoetidae*.

Hasil tangkapan ikan terbang *Exocoetidae* selama penelitian berdasarkan periode penangkapan di Selat Makassar diperoleh hasil tangkapan tertinggi pada musim puncak yakni bulan Juni hal ini tidak jauh berbeda dengan hasil penelitian terdahulu dimana Dwiponggo *et al* (1983) mengatakan bahwa musim puncak ikan terbang *Exocoetidae* di Selat Makassar mulai pada awal peralihan musim barat ke timur, kemudian Ali (2005) mengatakan puncak musim penangkapan mengalami perubahan tiap tahunnya dimana musim puncak penangkapan pernah terjadi pada bulan Februari, Juni dan Juli., kemudian Yahya

(2006) melaporkan puncak musim penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* terjadi pada musim timur.

Distribusi hasil tangkapan ikan terbang *Exocoetidae* yang diperoleh kemudian di analisis berdasarkan lokasi penangkapan (lintang dan bujur), tanggal penangkapan dan jumlah hasil tangkapan (kg). Data jumlah lokasi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* yang akan digunakan dalam analisis GAM dan HSI sebanyak 248 titik lokasi penangkapan yang diperoleh dari lapangan, serta 30 data titik data simpan sebagai data pembanding analisis GAM (Tabel 7). Data simpan digunakan untuk melakukan verifikasi data terkait hasil analisis yang telah dilakukan.

Tabel 5. Total data lokasi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* menurut waktu pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian.

Tahun	Bulan	Jumlah lokasi penangkapan ikan	
		Data analisis	Data simpan
2019	Januari	33	3
	Februari	11	1
	Maret	14	2
	April	6	4
	Mei	24	5
	Juni	27	5
	Juli	23	1
	Agustus	17	4
	September	14	1
	Oktober	30	4
	November	27	0
	Desember	22	0
Jumlah data		248	30

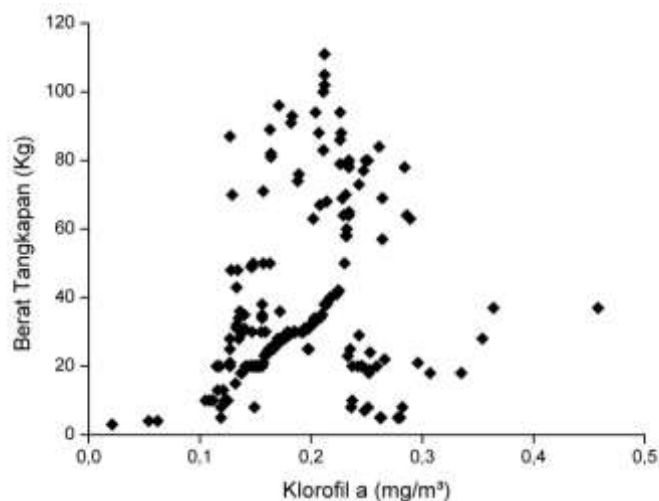
Aktivitas penangkapan ikan terbang di Selat Makassar berada pada daerah dengan variasi sebaran konsentrasi klorofil-a antara 0,019 – 0,438 mg/m³ (Gambar 13). Distribusi ikan terbang paling banyak berada dalam kisaran konsentrasi klorofil-a antara 0,14 – 0,24 mg/m³. Pada bulan Juni yang juga merupakan awal dari periode musim timur dapat dilihat bahwa konsentrasi klorofil-a mengalami sedikit peningkatan dibandingkan dengan bulan sebelumnya, dimana nilai klorofil-a berkisar antara 0,14 mg/m³ - 0,24 mg/m³ dengan nilai

rata - rata 0,19 mg/m³. Hal ini ditemukan juga oleh Zainuddin (2011) dimana konsentrasi klorofil-a di Selat Makassar dan Laut Flores untuk ikan terbang *Exocoetidae* berada pada konsentrasi 0,25-0,70 mg/m³.

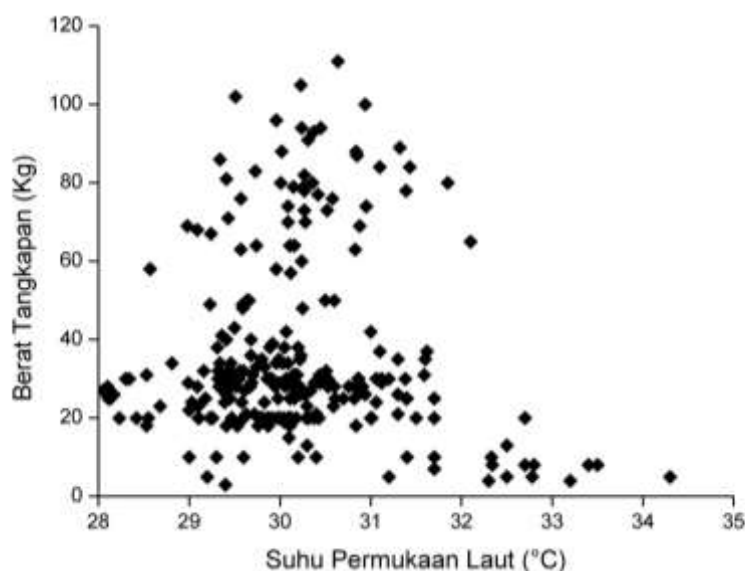
Pada bulan ini konsentrasi klorofil-a yang relatif tinggi masih tetap terlihat di perairan Selat Makassar. Peningkatan konsentrasi klorofil-a di bagian Selat Makassar ini diduga salah satunya akibat pengaruh fenomena *upwelling* yang mulai terbentuk, dimana proses *upwelling* tersebut memperkaya unsur hara dan klorofil-a di lokasi tersebut, dan akan mencapai puncaknya pada bulan Agustus (Utama *et al.* 2017; Nababan *et.al* 2015). Hasil penelitian yang sama juga diperoleh Syahdan (2012) pada kawasan Selat Makassar ini sebesar 0,3 – 0,85 dengan standar deviasi 0,15 – 0,45. Kondisi ini menunjukkan bahwa konsentrasi klorofil-a yang tinggi pada kawasan ini memiliki fluktuasi yang tinggi pula terhadap perubahan waktu. Sukoraharjo (2012) mengemukakan bahwa massa air ARLINDO dengan kandungan konsentrasi klorofil-a rendah saat melalui perairan Selat Makassar mengalami peningkatan konsentrasi klorofil-a sehingga kesuburan di bagian selatan menjadi relatif lebih tinggi.

Sedangkan variasi suhu permukaan laut berkisar antara 28,05 – 34,33°C (Gambar 14) dengan sebaran ikan terbang sebagian besar berada pada kisaran suhu 30,00 – 31,00°C, hal yang sama juga dikemukakan oleh (Syahdan, 2012) di mana pada bagian utara Selat Makassar di pesisir barat Pulau Sulawesi bahwa rata-rata suhunya sangat tinggi antara 30 – 30,25°C. Hal ini menunjukkan bahwa suhu yang tinggi pada kawasan ini memiliki perubahan yang sangat kecil dalam periode waktu pengamatan. Ilahude dan Gordon (1996) menyatakan bahwa sepanjang tahun, bagian ujung selatan Selat Makassar memiliki suhu permukaan laut yang lebih rendah dibanding bagian utara dan kondisi ini menyebar sampai Laut Flores dan barat Laut Banda, Zainuddin (2011) juga memperoleh hasil

konsentrasi kisaran suhu permukaan laut berada pada 27,5 – 29,5°C. Berat hasil tangkapan ikan terbang bervariasi berdasarkan data hasil tangkapan harian yang diperoleh di lapangan adalah 15 - 55 kg. Data hasil tangkapan dibagi menjadi 2 penilaian yakni (1) kurang berpotensi dan (2) berpotensi, hal ini didasarkan hasil wawancara dengan para nelayan ikan terbang.



Gambar 13. Grafik distribusi ikan terbang berdasarkan konsentrasi klorofil-a di perairan Selat Makassar. Distribusi ikan sebagian besar berada dalam kisaran konsentrasi klorofil-a antara 0,14-0,24 mg/m³

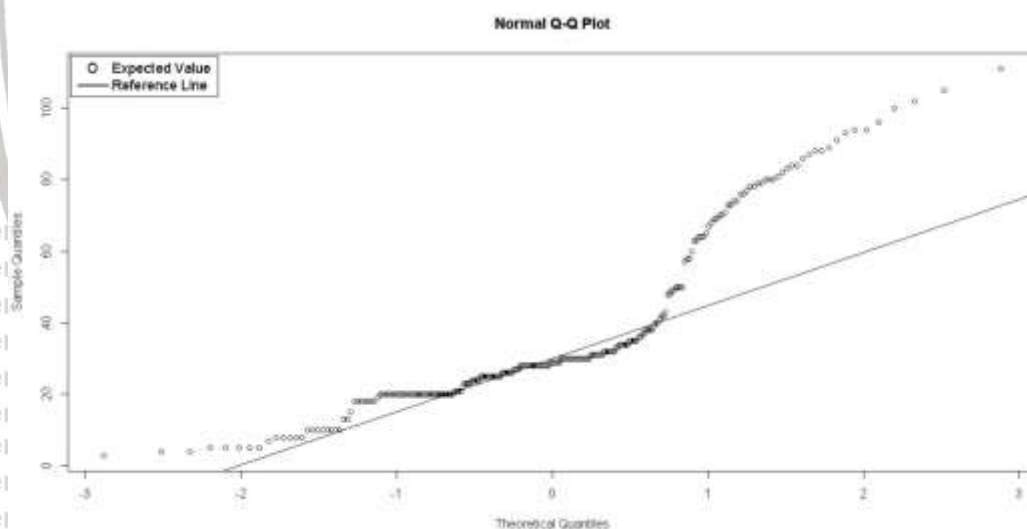


Gambar 14. Grafik distribusi ikan terbang berdasarkan konsentrasi suhu permukaan laut di perairan Selat Makassar. Distribusi ikan sebagian besar berada dalam kisaran konsentrasi suhu permukaan laut antara 29,00 – 31,00°C

5.5. Penentuan Kawasan Potensi Penangkapan Ikan

5.5.1. Uji Normalitas Data Hasil Tangkapan

Uji normalitas dilakukan untuk menguji apakah data hasil tangkapan ikan terbang *Exocoetidae* yang diperoleh selama penelitian menunjukkan sebaran normal atau tidak normal. Uji normalitas ini menjadi dasar dalam penentuan jenis analisis lebih lanjut yang sesuai diterapkan pada data. Uji normalitas Shapiro-Wilks adalah salah satu dari tiga uji normalitas umum yang dirancang untuk mendeteksi semua penyimpangan dari normalitas. Kekuatannya sebanding dengan dua tes lainnya Kolmogorof-Smirnov dan Skewness - Kurtosis. Uji normalitas ini dilakukan dengan menggunakan *software R*, sedangkan untuk menarik kesimpulan dari hasil yang diperoleh dengan menggunakan grafik kurva probabilitas yang lebih mudah dipahami.



Gambar 15. Grafik plot probabilitas data tangkapan ikan terbang *Exocoetidae*

Berdasarkan grafik qqplot (Gambar 15) sebagian besar data tangkapan tersebar jauh dari garis normal, hal ini disebabkan data hasil penelitian diperoleh dari alam (kondisi tak terkontrol). Ini menunjukkan bahwa sebaran data tidak normal, untuk mengetahui dengan baik data terdistribusi normal atau tidak, maka

dilanjutkan dengan uji normalitas menggunakan metode statistik Shapiro-Wilk (Sarwono, 2011), hasil uji normalitas diperoleh nilai $p = 0.000000000000000484$, dimana jika nilai : $p < 0.05$ maka distribusi tidak normal, dan $p > 0.05$ maka distribusi normal, berdasarkan hasil analisis tersebut, maka data dilanjutkan dengan analisis GAM, teknik analisis ini merupakan salah satu analisis paling tepat untuk menjelaskan hubungan antara hasil tangkapan ikan terbang *Exocoetidae* dengan parameter klorofil-a dan suhu permukaan laut. Analisis GAM merupakan analisis statistik nonparametrik tepat digunakan untuk data yang memiliki hubungan nonlinier (Bellido *et al.* 2008; Bertrand *et al.* 2004; Bigelow *et al.* 1999; Francis *et al.* 2012; Hastie dan Tibshirani 1990; Swartzman *et al.* 1995; Zainuddin *et al.* 2008). GAM adalah pendekatan untuk mengidentifikasi data nonlinier dengan menggabungkan kondisi non-parametrik ke dalam model (Chambers dan Hastie 1992).

5.5.2. Analisis SI Untuk Penentuan Area Potensial Penangkapan Ikan Terbang *Exocoetidae*.

5.5.2.1. Kelas kesesuaian konsentrasi klorofil-a terhadap ikan terbang

Distribusi dan pergerakan kawanan ikan pada suatu perairan, selain dipengaruhi oleh kondisi oseanografi perairan, juga ditentukan oleh ketersediaan makanan pada perairan tersebut. Ketersediaan unsur hara menentukan tingkat kesuburan perairan, dimana indikator yang sering dijumpai sejumlah kawanan ikan yang menjadi parameter utama tingkat kesuburan perairan tersebut. Ikan terbang diketahui sebagai ikan pelagis kecil (*Selat Makassar pelagic fish spesies*) merupakan jenis ikan pemakan plankton baik zooplankton maupun fitoplankton, jenis ikan ini merupakan penentu kebiasaan makanan di dalam rantai makanan, dinamakan sebagai jenis ikan pemakan plankton (*plankton feeder*). (Yahya 2006).

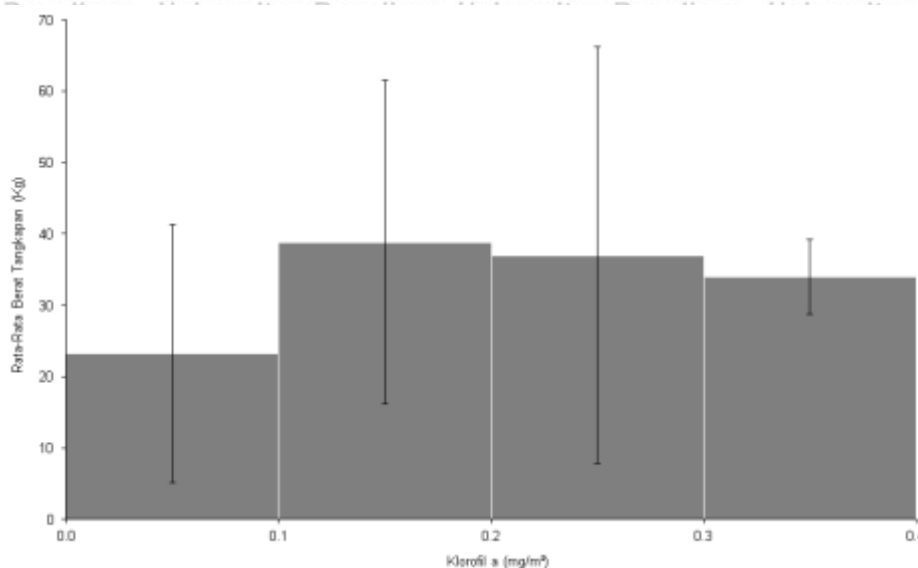
Dengan demikian besarnya nilai ketersediaan pigmen hijau yang terdeteksi, akan menentukan besarnya kawanan ikan yang diperkirakan berada di

perairan tersebut untuk mencari makanan atau migrasi karena mencari makan (*feeding migration*). Ikan terbang sebagai salah satu jenis ikan yang menyukai plankton dan berhubungan erat dengan proses pergerakan kawanan ikan tersebut pada waktu tertentu, disamping faktor oseanografi lingkungan perairan dan biologi ikan itu sendiri. Keterkaitan ini akan sangat membantu dalam memprediksi pergerakan kawanan ikan di dalam suatu lingkungan perairan pada waktu tertentu.

Tabel 6. Berat rata-rata hasil tangkapan, frekuensi penangkapan dan indeks kesesuaian bagi ikan terbang terhadap konsentrasi klorofil-a

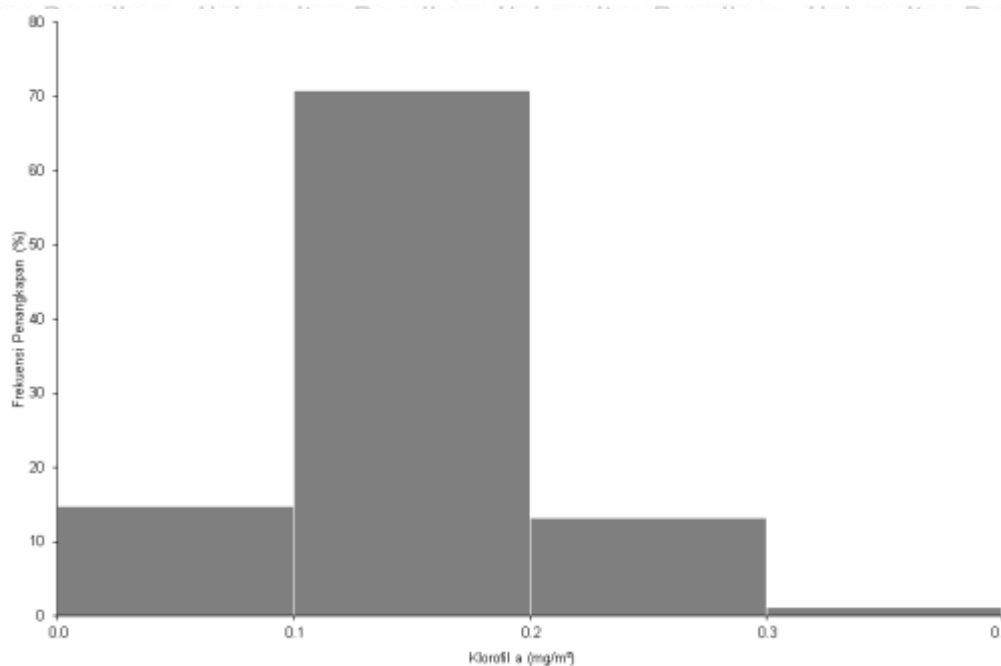
Kelas	Kelas konsentrasi klorofil-a (mg/m ³)			Rata-rata berat tangkapan (Kg)	Frekuensi penangkapan	Frekuensi (%)	Frekuensi kumulatif	Gradien	Indeks kesesuaian
	Kelas bawah	Kelas atas	Standar deviasi						
						0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.019	0.138	0.02	23.24	37	14.80	14.80	14.80	0.21
2	0.139	0.238	0.03	38.84	177	70.80	85.60	70.80	1.00
3	0.239	0.338	0.02	37.00	33	13.20	98.80	13.20	0.19
4	0.339	0.438	0.06	34.00	3	1.20	100.00	1.20	0.02
Jumlah					250	100			

Kisaran konsentrasi klorofil-a yang diperoleh dibandingkan dengan rata-rata hasil tangkapan (kg) kemudian diplot bersama dengan berat hasil tangkapan rata-rata (kg). Kelimpahan tangkapan ikan terbang *Exocoetidae* rata-rata tertinggi terjadi pada kisaran konsentrasi klorofil-a 0,139-0,238 mg/m³ yaitu 38,84 kg, diikuti dengan kelas konsentrasi klorofil 0,239-0,338 mg/m³ dengan hasil tangkapan rata-rata 37,00 kg dan 34,00 kg. Sedangkan hasil tangkapan rata-rata kurang dari 30,00 kg diperoleh pada kisaran konsentrasi klorofil-a 0,339 – 0,438 mg/m³.



Gambar 16. Grafik rata-rata tangkapan ikan terbang pada konsentrasi klorofil-a yang berbeda. Berat rata-rata hasil tangkapan ikan terbang yang tertinggi ada pada kisaran konsentrasi klorofil-a 0,139-0,238 mg/m³

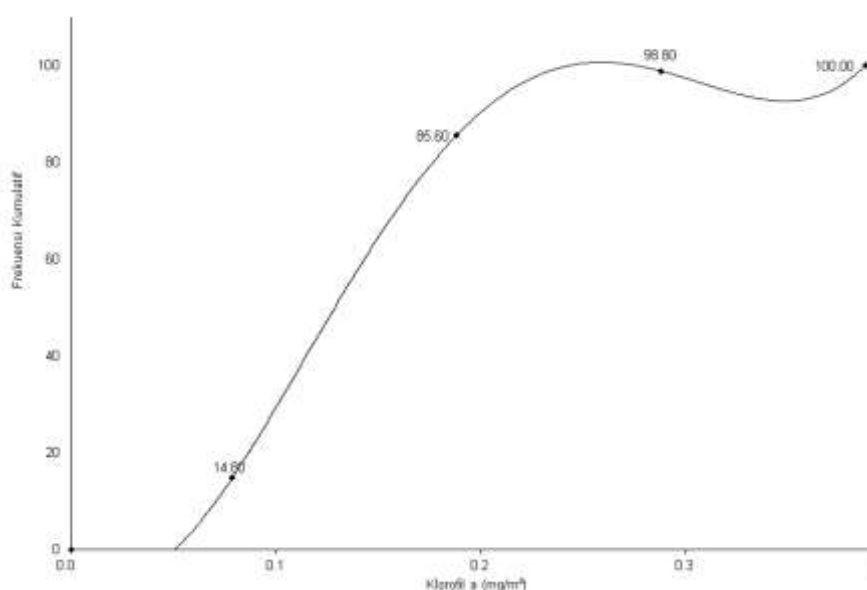
Kisaran konsentrasi klorofil-a kemudian diplotkan terhadap frekuensi penangkapan(%). Ditemukan bahwa frekuensi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* tertinggi berada pada kisaran konsentrasi klorofil-a 0,139-0,238 mg/m³ sebanyak 70,80%. Frekuensi penangkapan tinggi berikutnya berada pada masing-masing kisaran sebaran klorofil-a 0,019-0,138 mg/m³ (14,80%), 0,239-0,338 mg/m³ (13,20%) dan 0,339 – 0,438 mg/m³ (1,20 %) (Tabel 9 dan Gambar 16).



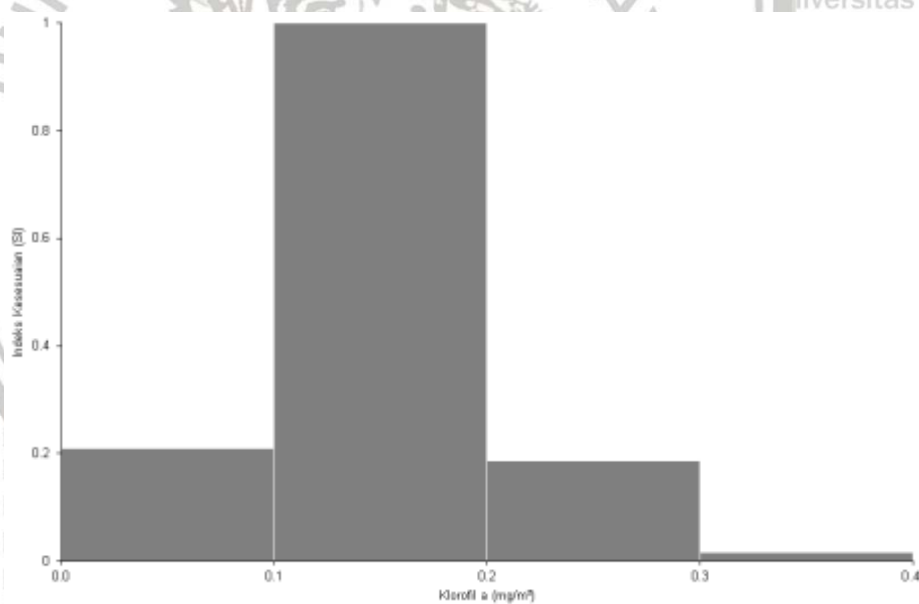
Gambar 17. Grafik frekuensi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* terhadap konsentrasi klorofil-a yang berbeda. Frekuensi penangkapan ikan tertinggi pada kisaran konsentrasi klorofil-a 0,14-0,24 mg/m³

Grafik kumulatif dibuat untuk melihat frekuensi kumulatif penangkapan Ikan terbang *Exocoetidae* terhadap konsentrasi klorofil-a. Grafik ini menunjukkan frekuensi kumulatif penangkapan dengan perbedaan gradien maksimum (m) berada dalam kisaran konsentrasi klorofil-a 0,14-0,24 mg/m³ (m = 70,80%).

Gradien tinggi berikutnya berada pada kisaran konsentrasi klorofil-a 0,019-0,138 mg/m³ (m = 14,80%), 0,239-0,338 mg/m³ (m = 13,20%) dan 0,339 – 0,438 mg/m³ (m=1,20 %). Nilai gradien dari grafik kumulatif digunakan untuk mendapatkan indeks kesesuaian (SI) ikan terbang *Exocoetidae* terhadap konsentrasi klorofil-a. Indeks kesesuaian tertinggi (SI = 1,00) pada kisaran konsentrasi klorofil-a 0,14-0,24 mg/m³.



Gambar 18. Grafik frekuensi kumulatif terhadap konsentrasi klorofil-a. Frekuensi tangkapan kumulatif dengan perbedaan gradien maksimum adalah pada kisaran konsentrasi klorofil-a 0,14-0,24 mg/m³



Gambar 19. Grafik indeks kesesuaian untuk klorofil-a. Indeks kesesuaian tertinggi berada dalam kisaran konsentrasi klorofil-a 0,30-0,40 mg/m³

5.5.2.2. Kelas Kesesuaian suhu permukaan laut terhadap Ikan terbang

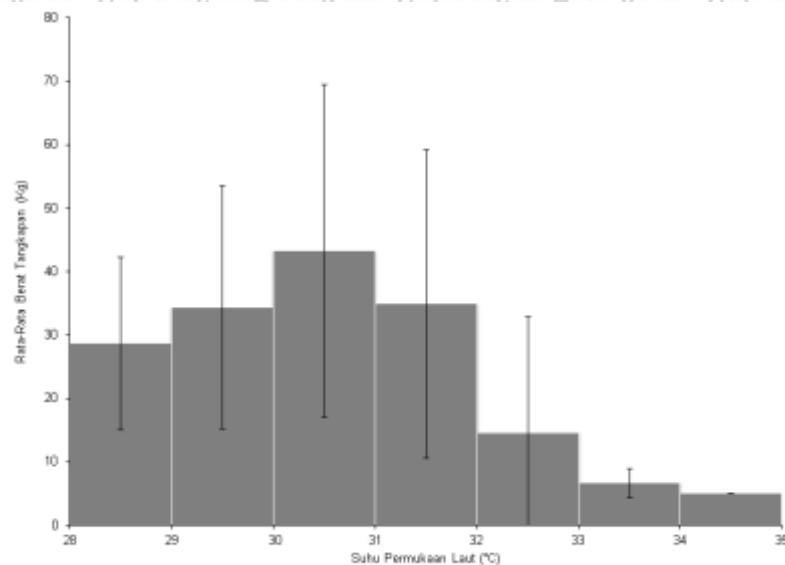
Perubahan suhu musiman pada suatu perairan, selain disebabkan oleh pengaruh pemanasan dan penyinaran matahari, juga disebabkan oleh beberapa faktor. Suhu permukaan laut berperan dalam menentukan sebaran ikan, pertumbuhan, mortalitas dan migrasi ikan (Yahya, 2006; Alam *et al.* 2004).

Penggunaan data citra suhu permukaan laut dilakukan untuk mengetahui pola sebaran selama satu tahun. Kisaran suhu permukaan laut berdasarkan data hasil tangkapan tinggi berkisar antara 28,00 - 32,00°C (Tabel 9). Kisaran suhu permukaan laut juga diplot bersama dengan rata-rata berat hasil tangkapan (kg).

Berat rata-rata hasil tangkapan tertinggi ikan terbang *Exocoetidae* berada pada kisaran suhu permukaan laut 30,01 – 31,00°C dengan hasil tangkapan 43,23 kg.

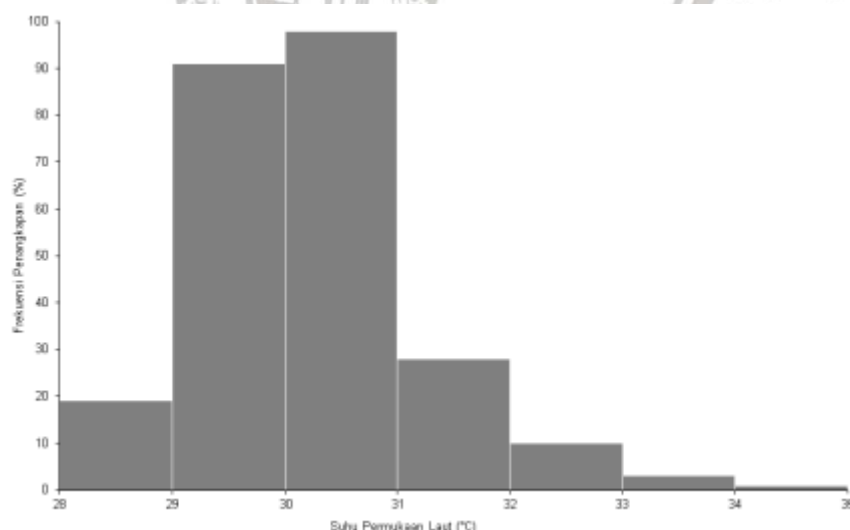
Tabel 9. Rata-rata berat badan, frekuensi dan indeks kesesuaian ikan terbang *Exocoetidae* terhadap kisaran suhu permukaan laut

Kelas	Kelas konsentrasi suhu permukaan laut (°C)			Rata-rata berat tangkapan (Kg)	Frekuensi penangkapan	Frekuensi (%)	Frekuensi kumulatif	Gradien	Indeks kesesuaian
	Kelas bawah	Kelas atas	Standar deviasi						
1	28.00	29.00	0.33	28.68	19	7.60	7.60	7.60	0.19
2	29.01	30.00	0.26	34.37	91	36.40	44.00	36.40	0.93
3	30.01	31.00	0.29	43.23	98	39.20	83.20	39.20	1.00
4	31.01	32.00	0.24	34.89	28	11.20	94.40	11.20	0.29
5	32.01	33.00	0.24	14.60	10	4.00	98.40	4.00	0.10
6	33.01	34.00	0.15	6.67	3	1.20	99.60	1.20	0.03
7	34.01	35.00	0.00	5.00	1	0.40	100.00	0.40	0.01
Jumlah					250	100.00			

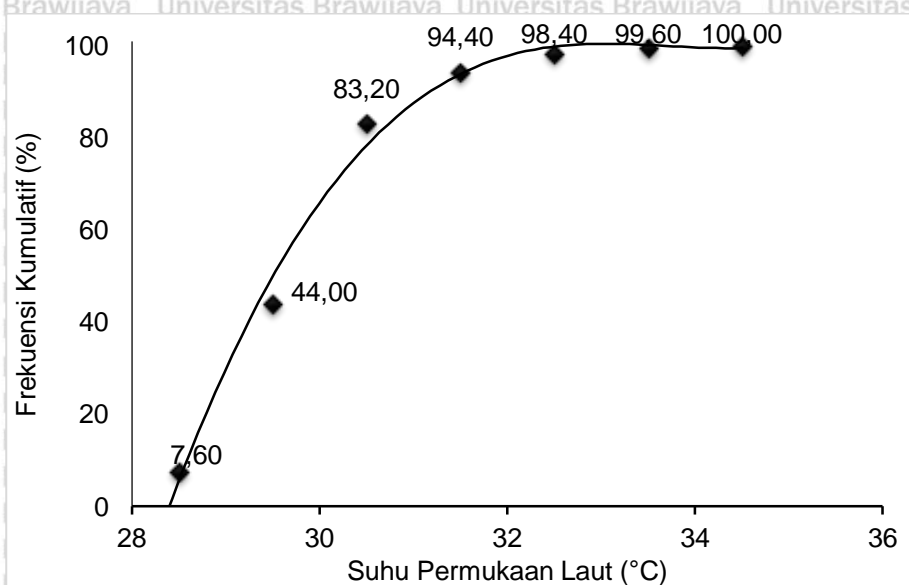


Gambar 20. Grafik hasil tangkapan rata-rata ikan terbang *Exocoetidae* pada suhu permukaan laut yang berbeda. Berat rata-rata hasil tangkapan sebagian besar ikan tinggi berada pada kisaran suhu permukaan laut 30.00-31.00°C

Kisaran suhu permukaan laut kemudian diplotkan terhadap frekuensi penangkapan(%). Ditemukan bahwa frekuensi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* tertinggi berada pada kisaran suhu permukaan laut 30.00-31.00°C itu sebesar 39,20%, diikuti oleh kisaran 29,00 – 30,00°C.

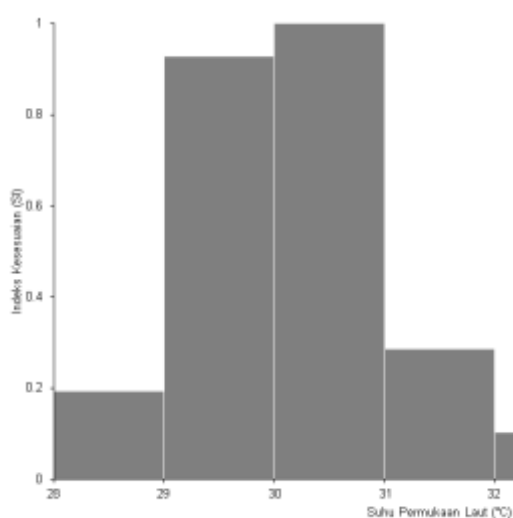


Gambar 21. Grafik frekuensi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* pada suhu permukaan laut yang berbeda. Frekuensi memancing terbanyak tinggi berada pada kisaran suhu permukaan laut 30.00-31.00°C



Gambar 22. Grafik frekuensi kumulatif terhadap suhu permukaan laut. Frekuensi tangkapan kumulatif dengan perbedaan gradien maksimum adalah pada suhu permukaan laut berkisar antara 29.00-31.00°C

Nilai gradien dari grafik kumulatif kemudian digunakan untuk memperoleh indeks kesesuaian (SI) ikan terbang *Exocoetidae* terhadap suhu permukaan laut. Indeks kesesuaian tertinggi (SI = 1,00) pada kisaran suhu permukaan laut 29,00-31,00°C),



Gambar 23. Grafik indeks kesesuaian suhu permukaan laut. Indeks kompatibilitas suhu permukaan laut tertinggi berada pada kisaran 29.00-31.00°C.

5.5.3. Kawasan Potensi Penangkapan Ikan terbang Terbang *Exocoetidae* Berdasarkan Analisis SI

Skor parameter klorofil-a dan suhu permukaan laut digunakan untuk menghasilkan peta distribusi untuk masing-masing parameter. Data gambar parameter Klorofil-a dan suhu permukaan laut yang digunakan adalah data citra harian. Peta prediksi wilayah potensial penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* di perairan Selat Makassar dibuat dengan menggunakan perangkat lunak ArcGIS. Peta potensial penangkapan ikan dibagi menjadi dua yaitu (1) wilayah dengan potensi tangkapan tinggi (potensial); dan (2) wilayah dengan potensi tangkapan rendah (kurang potensial) sebagaimana penelitian terdahulu yang telah dilakukan oleh (Champion *et al*, 2020). Data tangkapan ikan asli (data simpan) juga diplot pada peta untuk menunjukkan hasil tangkapan ikan yang sebenarnya di lokasi tersebut. Daerah dengan jarak <12 mil laut dari garis pantai disebut sebagai daerah pantai, sedangkan daerah dengan jarak >12 mil laut dari garis pantai disebut sebagai wilayah lepas pantai (UU 23 Tahun 2004).

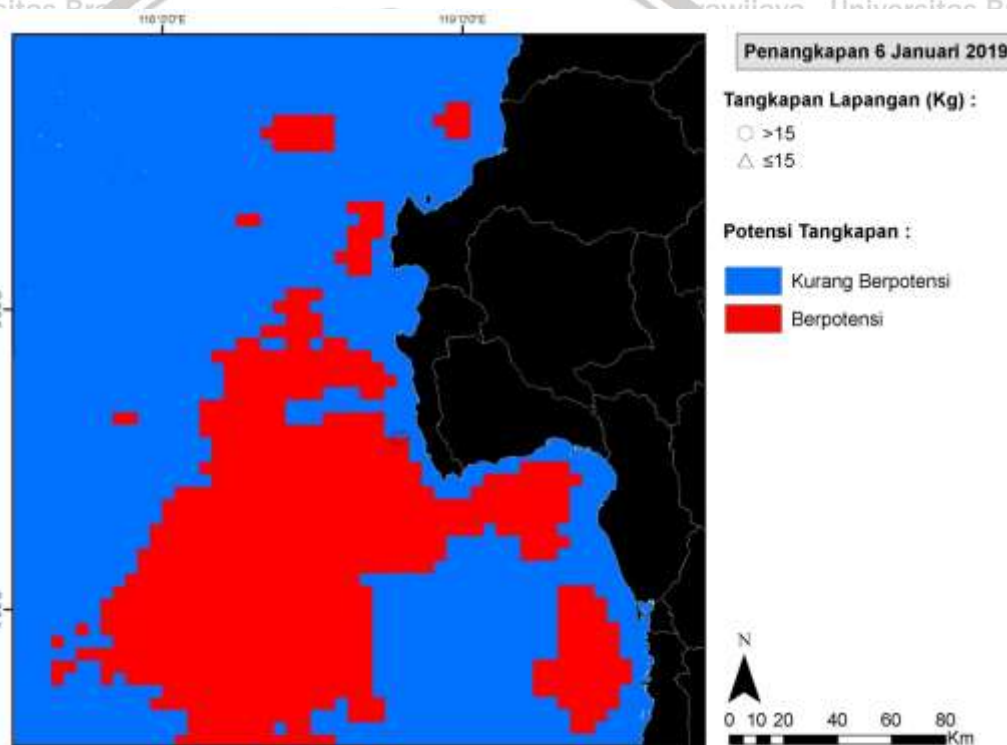
Daerah penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* di perairan Selat Makassar masih tergolong berada pada wilayah perairan pantai, hal ini disebabkan oleh armada penangkapan yang mereka gunakan masih tergolong relatif kecil dan kelengkapan alat navigasi yang masih sangat kurang. Nelayan pattorani yang berada di Kabupaten Majene Sulawesi Barat menggunakan armada penangkapan ikan dengan ukuran yang masih relatif kecil berkisar antara 2-3 GT, sehingga menyebabkan wilayah tangkapan yang dapat dijangkau cenderung lebih dekat dengan pantai dengan trip penangkapan yang bersifat harian (*one day trip*).

Distribusi ikan pelagis yang sangat dinamis di perairan yang luas tentunya akan menyulitkan bagi nelayan untuk menangkap ikan, hal ini dialami oleh para nelayan tradisional yang masih menggunakan tanda-tanda alam dan pengalaman dalam melaut selama beberapa tahun dalam menentukan wilayah

penangkapan. Distribusi spasial dan temporal ikan pelagis dalam satu perairan memiliki relevansi dengan lingkungan (Agostini *et al.* 2008). Ikan pelagis memiliki hubungan dengan kondisi habitat lingkungan tertentu (Zainuddin, 2011; Zainuddin dan Jamal 2009). Berdasarkan hal tersebut maka penentuan distribusi dan kondisi optimum ikan terbang *Exocoetidae* terhadap kondisi suhu permukaan laut dan klorofil-a yang berada pada wilayah perairan dapat diprediksi.

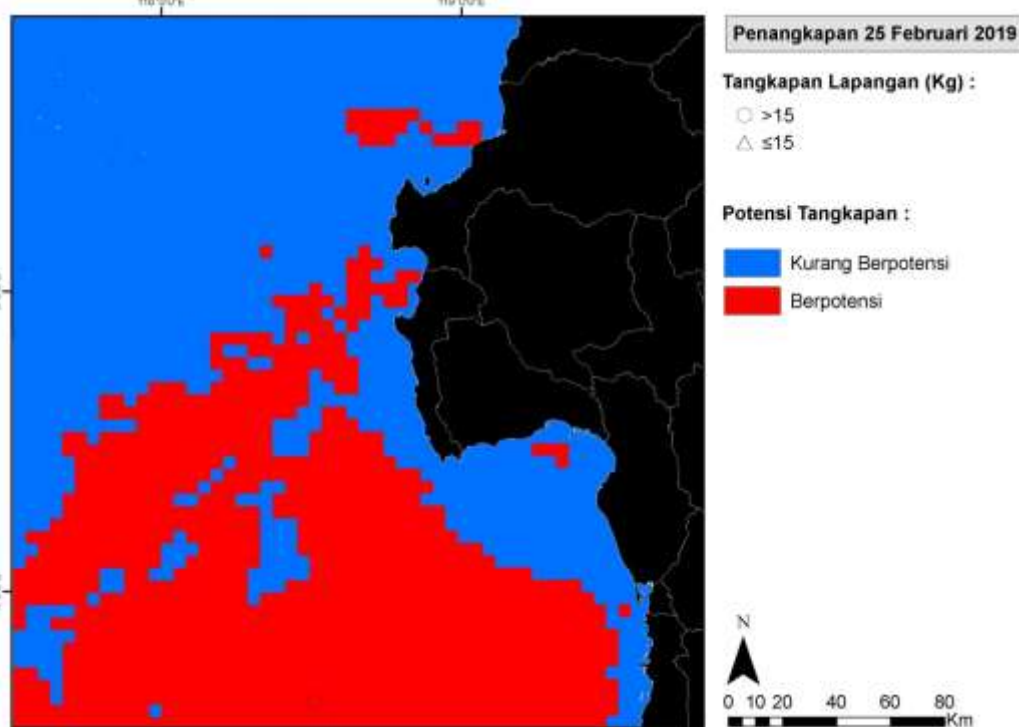
Penentuan wilayah perairan dengan kemungkinan keberadaan ikan terbang *Exocoetidae* tinggi di perairan Selat Makassar pada musim tangkapan tinggi berdasarkan hasil wawancara dan hasil pengumpulan data di lapangan selama penelitian dan didukung oleh hasil penelitian Ali (2005); Yahya, (2006) juga menemukan bahwa penggunaan data penangkapan selama musim penangkapan tinggi terbukti untuk penentuan daerah potensial penangkapan dengan kemungkinan kehadiran spesies yang tinggi pada musim penangkapan. Kisaran kesesuaian dan hubungan optimal antara ikan dan konsentrasi klorofil-a dan suhu permukaan laut juga termasuk dalam pendekatan yang digunakan (Andrade dan Garcia 1999; Zainuddin *et al.* 2008; Lawellen, 2012). Hubungan antara ikan dan lingkungannya dapat membantu penentuan daerah habitat ikan terbang (Lewallen, 2012). Kesesuaian parameter klorofil-a dan suhu permukaan laut untuk ikan terbang *Exocoetidae* pada penelitian ini diperoleh melalui metode analisis frekuensi dan analisis SI. Beberapa penelitian telah menunjukkan kemampuan untuk menggunakan analisis keduanya dalam menentukan kisaran kesesuaian antara faktor lingkungan dan hasil tangkapan ikan (Mustapha *et al.* 2010). Hasil indeks kesesuaian dari input data yang digunakan memberikan hasil yang baik untuk pola daerah penangkapan ikan terbang potensial yang diprediksi dalam penelitian ini.

Peta Gambar 24 menunjukkan bahwa prediksi wilayah potensial penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* pada tanggal 6 Januari 2019 berada pada wilayah pesisir hingga 20 mil laut lepas pantai, terutama di sekitar wilayah dengan garis lintang $3^{\circ}30'S - 4^{\circ}30'S$ dan bujur $118^{\circ}00'E - 119^{\circ}00'E$. Sementara daerah lepas pantai di bagian utara dan barat laut perairan Selat Makassar kurang potensial. Data tangkapan asli yang di plot pada peta menunjukkan bahwa posisi penangkapan berada pada wilayah tangkapan dengan hasil $>15,00$ kg dimana merupakan wilayah zona potensial penangkapan, sedangkan untuk posisi penangkapan pada wilayah zona kurang potensial $\leq 15,00$ kg tidak ditemukan.



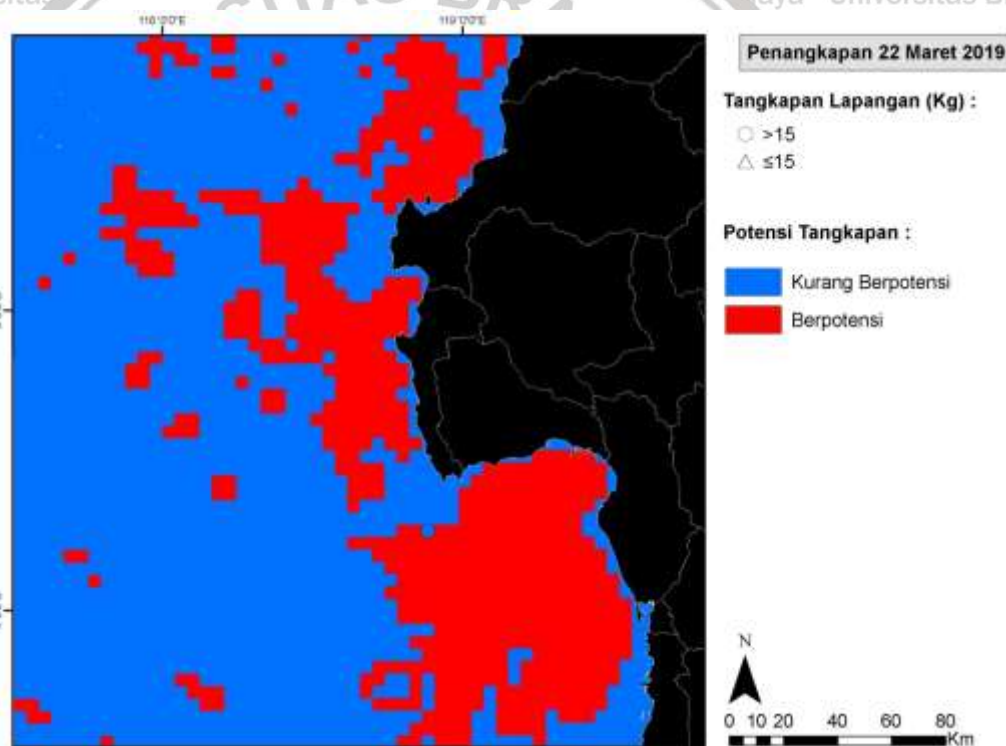
Gambar 24. Peta prediksi zona potensial penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* di perairan Selat Makassar pada tanggal 6 Januari 2019. Area potensial untuk penangkapan ikan dilakukan di daerah pantai hingga lepas pantai

Peta Gambar 25 menunjukkan bahwa prediksi wilayah potensial penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* pada tanggal 25 Februari 2019 berada pada wilayah pesisir hingga lepas pantai, terutama di sekitar wilayah dengan garis lintang $4^{\circ}00'S$ - $4^{\circ}30'S$ dan bujur $117^{\circ}30'E$ - $119^{\circ}30'E$. Sementara daerah lepas pantai di bagian utara dan barat laut perairan Selat Makassar kurang potensial. Data tangkapan asli yang diplot pada peta menunjukkan bahwa posisi penangkapan berada pada wilayah tangkapan dengan hasil $>15,00$ kg dimana merupakan wilayah zona potensial penangkapan, sedangkan untuk posisi penangkapan pada wilayah zona kurang potensial $\leq 15,00$ kg tidak ditemukan.



Gambar 25. Peta prediksi zona potensi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* di perairan Selat Makassar pada tanggal 25 Februari 2019. Area potensial untuk penangkapan ikan dilakukan di daerah pantai hingga lepas pantai

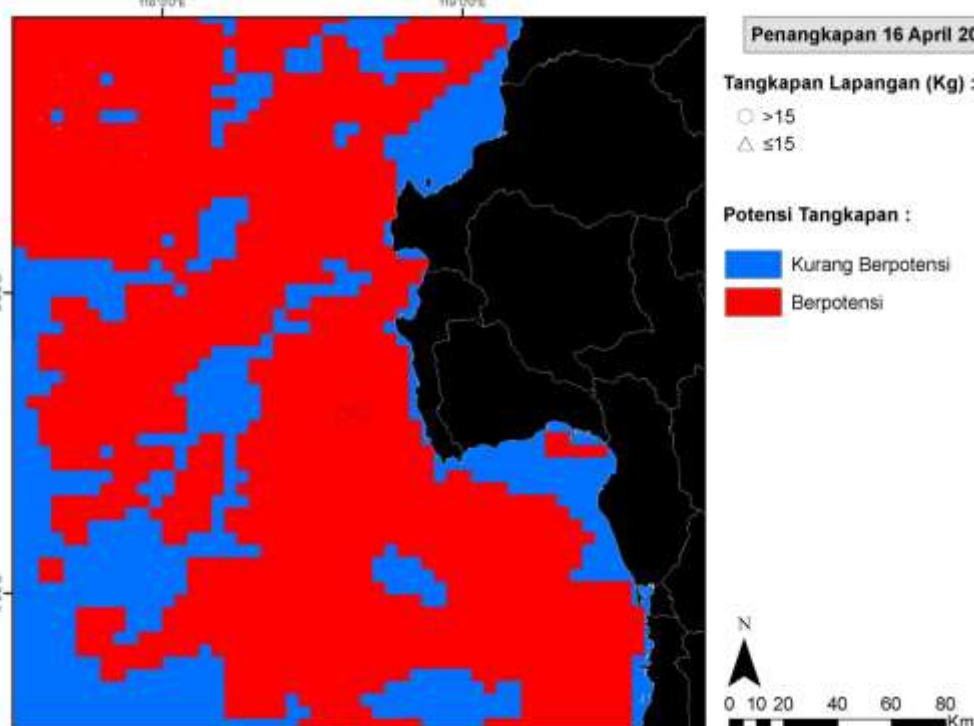
Peta Gambar 26 menunjukkan bahwa prediksi wilayah potensial penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* pada tanggal 22 Maret 2019 berada di sepanjang wilayah pesisir pantai, terutama di sekitar wilayah dengan garis lintang $4^{\circ}30'S$ - $3^{\circ}30'S$ dan bujur $118^{\circ}30'E$ - $119^{\circ}30'E$. Sementara daerah lepas pantai di bagian barat, barat daya dan barat laut perairan Selat Makassar kurang potensial. Data tangkapan asli yang diplot pada peta menunjukkan bahwa posisi penangkapan berada pada wilayah tangkapan dengan hasil $>15,00$ kg dimana merupakan wilayah zona potensial penangkapan, sedangkan untuk posisi penangkapan pada wilayah zona kurang potensial $\leq 15,00$ kg juga ditemukan pada bulan Maret.



Gambar 26. Peta prediksi zona potensi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* di perairan Selat Makassar pada tanggal 22 Maret 2019. Area potensial untuk penangkapan ikan dilakukan di daerah pantai hingga lepas pantai

Peta Gambar 27 menunjukkan bahwa prediksi wilayah potensial penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* pada tanggal 16 April 2019 berada hampir di seluruh wilayah Selat Makassar, terutama di sekitar wilayah dengan

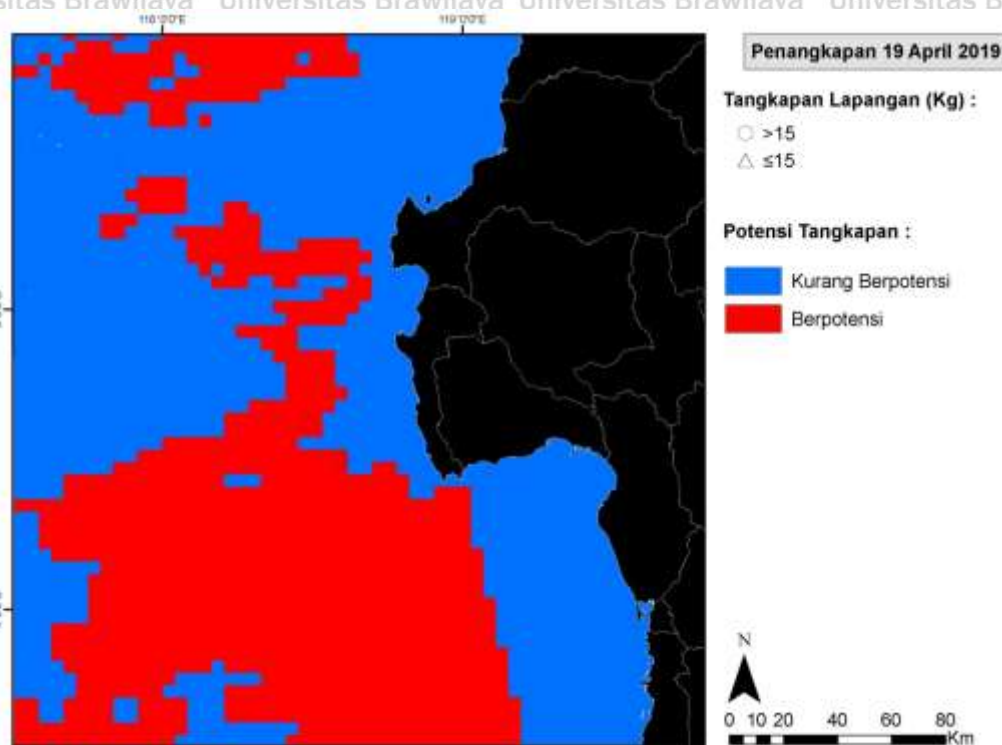
garis lintang $2^{\circ}30'S$ - $3^{\circ}00'S$ dan bujur $117^{\circ}30'T$ - $118^{\circ}00'T$, kemudian garis lintang $3^{\circ}30'S$ - $4^{\circ}30'S$ dan bujur $118^{\circ}00'T$ - $119^{\circ}30'T$. Data tangkapan asli yang di plot pada peta menunjukkan bahwa posisi penangkapan berada pada wilayah tangkapan dengan hasil $>15,00$ kg dimana merupakan wilayah zona potensial penangkapan, sedangkan untuk posisi penangkapan pada wilayah zona kurang potensial $\leq 15,00$ kg tidak ditemukan.



Gambar 27. Peta prediksi zona potensi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* di perairan Selat Makassar pada tanggal 16 April 2019. Area potensial untuk penangkapan ikan dilakukan di daerah pantai hingga lepas pantai

Peta Gambar 28 menunjukkan bahwa prediksi wilayah potensial penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* pada tanggal 19 April 2019 berada di wilayah pesisir hingga lepas pantai, terutama di sekitar wilayah dengan garis lintang $3^{\circ}30'S$ - $4^{\circ}30'S$ dan bujur $117^{\circ}30'T$ - $119^{\circ}00'T$. Sementara daerah lepas pantai di bagian utara dan barat laut perairan Selat Makassar kurang potensial. Data tangkapan asli yang diplot pada peta menunjukkan bahwa posisi

penangkapan berada pada wilayah tangkapan dengan hasil $>15,00$ kg dimana merupakan wilayah zona potensial penangkapan, sedangkan untuk posisi penangkapan pada wilayah zona kurang potensial $\leq 15,00$ kg tidak ditemukan.

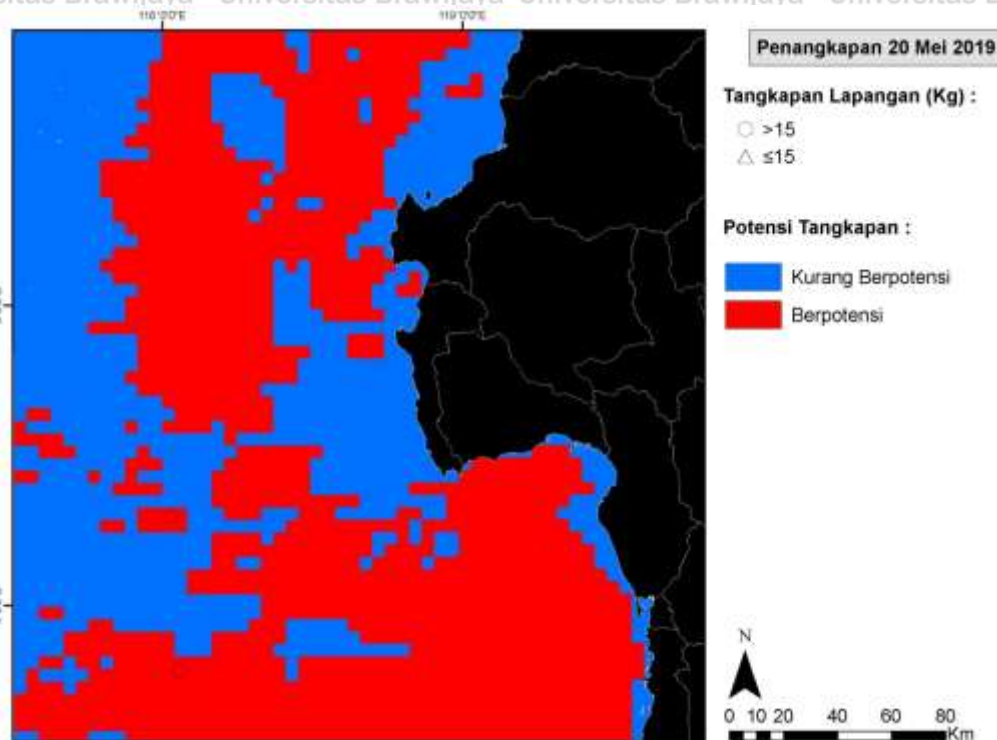


Gambar 28. Peta prediksi zona potensi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* di perairan Selat Makassar pada tanggal 19 April 2019. Area potensial untuk penangkapan ikan dilakukan di daerah pantai hingga lepas pantai

Peta Gambar 29 menunjukkan bahwa prediksi wilayah potensial penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* pada tanggal 20 Mei 2019 berada di wilayah pesisir hingga lepas pantai, terutama di sekitar wilayah dengan garis lintang $3^{\circ}30'S - 4^{\circ}30'S$ dan bujur $117^{\circ}30'T - 119^{\circ}30'T$. Sementara daerah lepas pantai di bagian barat dan barat laut perairan Selat Makassar kurang potensial.

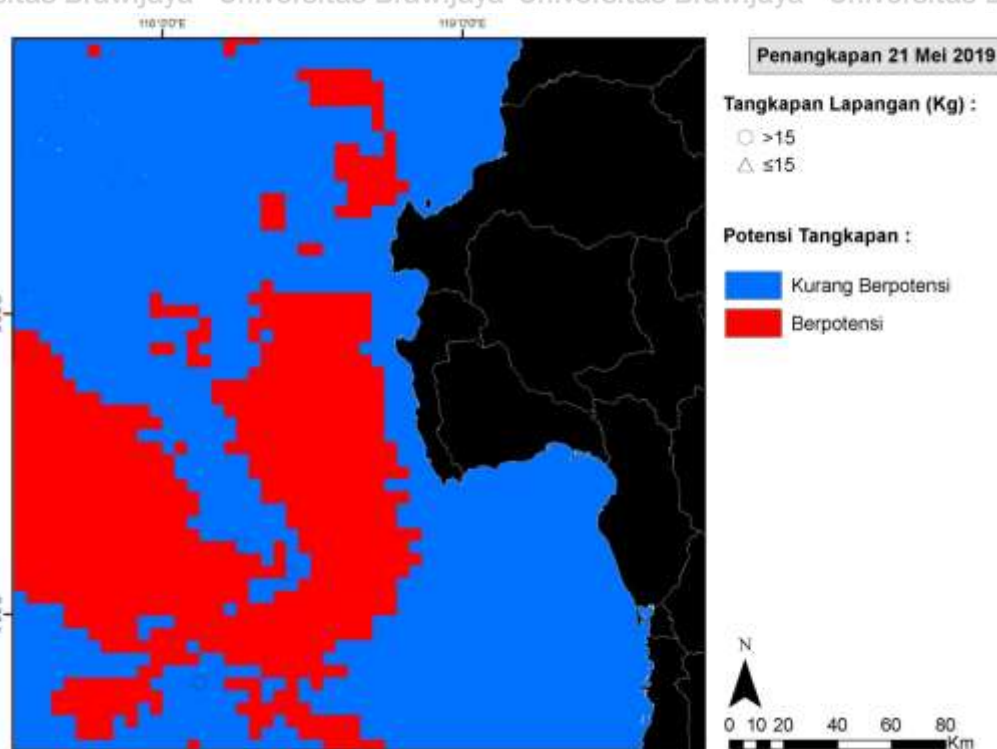
Data tangkapan asli yang diplot pada peta menunjukkan bahwa posisi penangkapan berada pada wilayah tangkapan dengan hasil $>15,00$ kg dimana

merupakan wilayah zona potensial penangkapan, sedangkan untuk posisi penangkapan pada wilayah zona kurang potensial $\leq 15,00$ tidak ditemukan



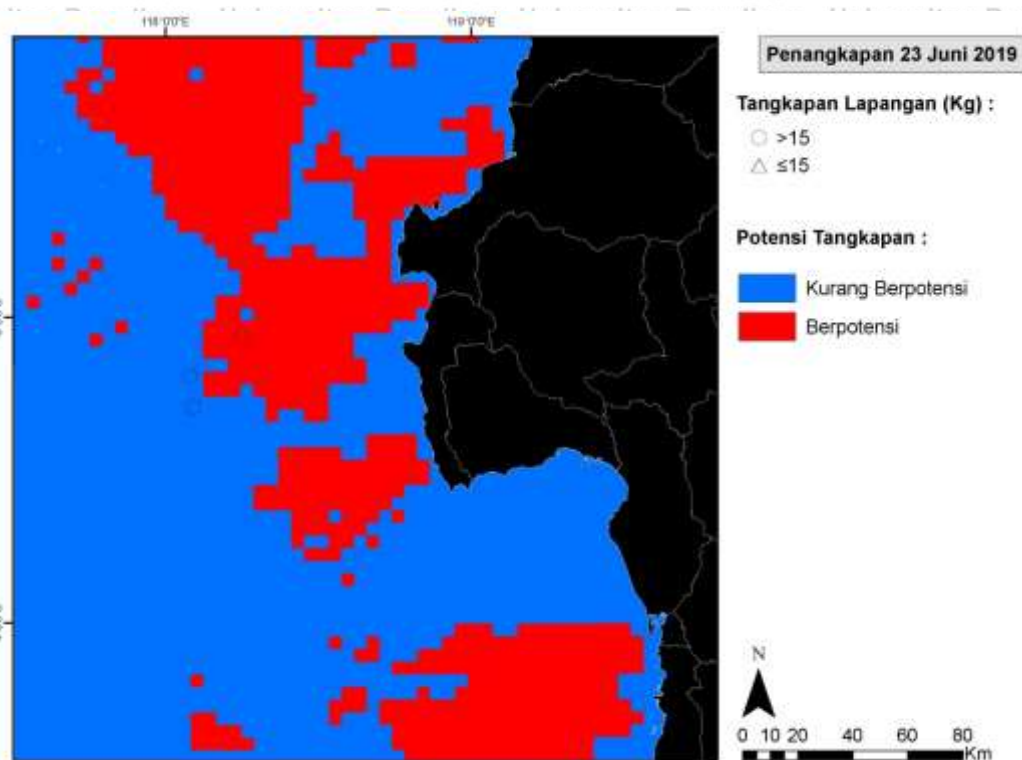
Gambar 29. Peta prediksi zona potensi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* di perairan Selat Makassar pada tanggal 20 Mei 2019. Area potensial untuk penangkapan ikan dilakukan di daerah pantai hingga lepas pantai

Peta Gambar 30 menunjukkan bahwa prediksi wilayah potensial penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* pada tanggal 21 Mei 2019 berada di wilayah lepas pantai, terutama di sekitar wilayah dengan garis lintang $3^{\circ}00'S$ - $4^{\circ}00'S$ dan bujur $117^{\circ}30'T$ - $118^{\circ}30'T$. Sementara daerah lepas pantai di bagian utara dan tenggara perairan Selat Makassar kurang potensial. Data tangkapan asli yang diplot pada peta menunjukkan bahwa posisi penangkapan tidak berada pada wilayah tangkapan dengan hasil $>15,00$ kg dimana merupakan wilayah zona potensial penangkapan, akan tetapi posisi penangkapan asli yang diplot berada pada wilayah zona kurang potensial $\leq 15,00$ kg.



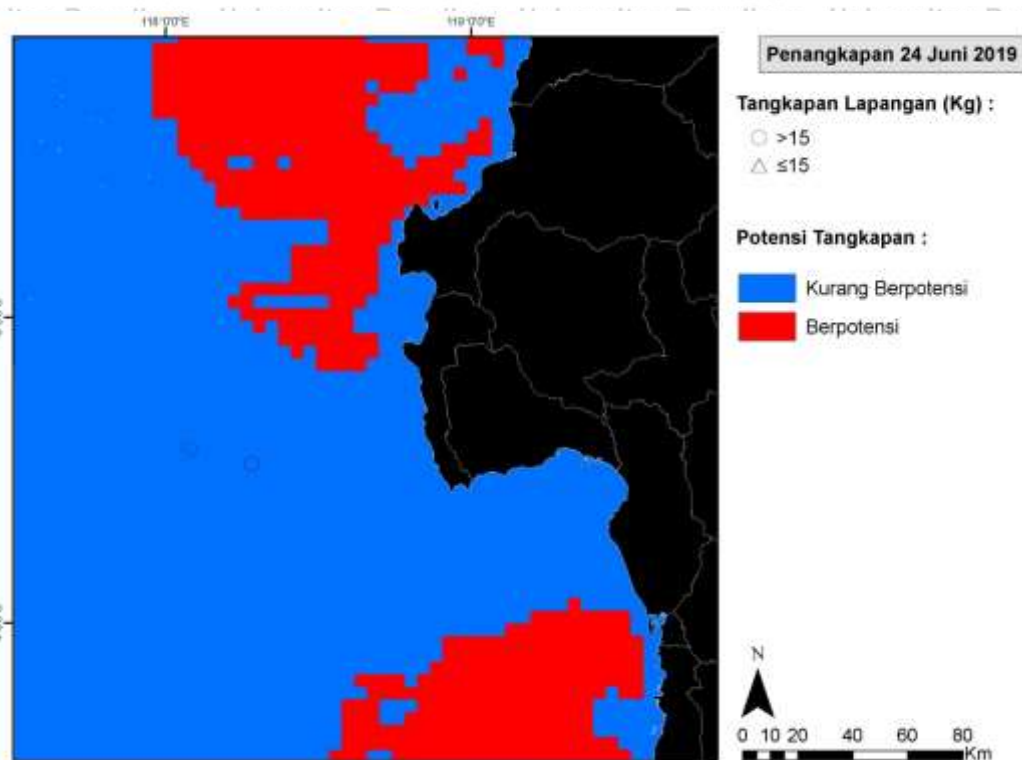
Gambar 30. Peta prediksi zona potensi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* di perairan Selat Makassar pada tanggal 21 Mei 2019. Area potensial untuk penangkapan ikan dilakukan di daerah pantai hingga lepas pantai

Peta Gambar 31 menunjukkan bahwa prediksi wilayah potensial penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* pada tanggal 23 Juni 2019 berada di wilayah lepas pantai, terutama di sekitar wilayah dengan garis lintang $3^{\circ}00'S$ - $4^{\circ}00'S$ dan bujur $117^{\circ}30'T$ - $118^{\circ}30'T$. Sementara daerah lepas pantai di bagian utara dan tenggara perairan Selat Makassar kurang potensial. Data tangkapan asli yang diplot pada peta menunjukkan bahwa posisi penangkapan tidak berada pada wilayah tangkapan dengan hasil $>15,00$ kg dimana merupakan wilayah zona potensial penangkapan, akan tetapi posisi penangkapan asli yang diplot berada pada wilayah zona kurang potensial $\leq 15,00$ kg.



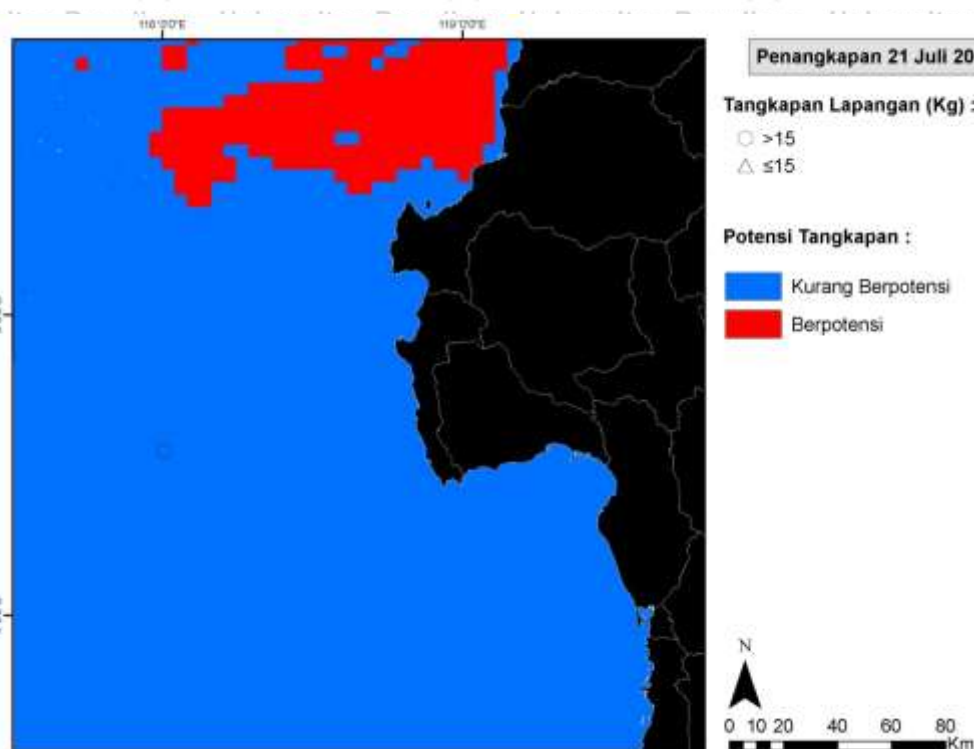
Gambar 31. Peta prediksi zona potensi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* di perairan Selat Makassar pada tanggal 23 Juni 2019. Area potensial untuk penangkapan ikan dilakukan di daerah pantai hingga lepas pantai

Peta Gambar 32 menunjukkan bahwa prediksi wilayah potensial penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* pada tanggal 24 Juni 2019 berada di wilayah lepas pantai, terutama di sekitar wilayah dengan garis lintang $3^{\circ}00'S$ - $4^{\circ}00'S$ dan bujur $117^{\circ}30'T$ - $118^{\circ}30'T$. Sementara daerah lepas pantai di bagian utara dan tenggara perairan Selat Makassar kurang potensial. Data tangkapan asli yang diplot pada peta menunjukkan bahwa posisi penangkapan tidak berada pada wilayah tangkapan dengan hasil $>15,00$ kg dimana merupakan wilayah zona potensial penangkapan, akan tetapi posisi penangkapan asli yang diplot berada pada wilayah zona kurang potensial $\leq 15,00$ kg.



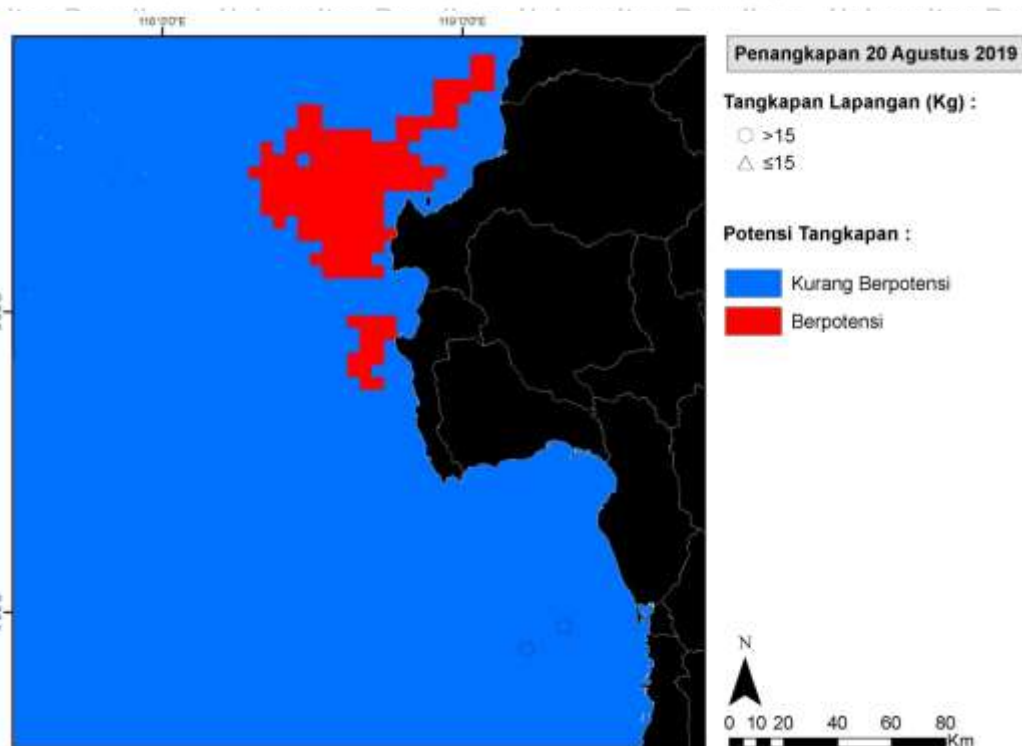
Gambar 32. Peta prediksi zona potensi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* di perairan Selat Makassar pada tanggal 24 Juni 2019. Area potensial untuk penangkapan ikan dilakukan di daerah pantai hingga lepas pantai

Peta Gambar 33 menunjukkan bahwa prediksi wilayah potensial penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* pada tanggal 21 Juli 2019 berada di wilayah pesisir hingga lepas pantai, terutama di sekitar wilayah dengan garis lintang $3^{\circ}30'S$ - $4^{\circ}30'S$ dan bujur $117^{\circ}30'T$ - $119^{\circ}30'T$. Sementara daerah lepas pantai di bagian barat, barat daya dan Selatan perairan laut Selat Makassar kurang potensial. Data tangkapan asli yang diplot pada peta menunjukkan bahwa posisi penangkapan berada pada zona wilayah kurang potensial dimana hasil tangkapan $\leq 15,00$ kg, sedangkan untuk posisi penangkapan pada wilayah tangkapan dengan hasil $> 15,00$ kg tidak ditemukan dimana merupakan wilayah zona potensial penangkapan.



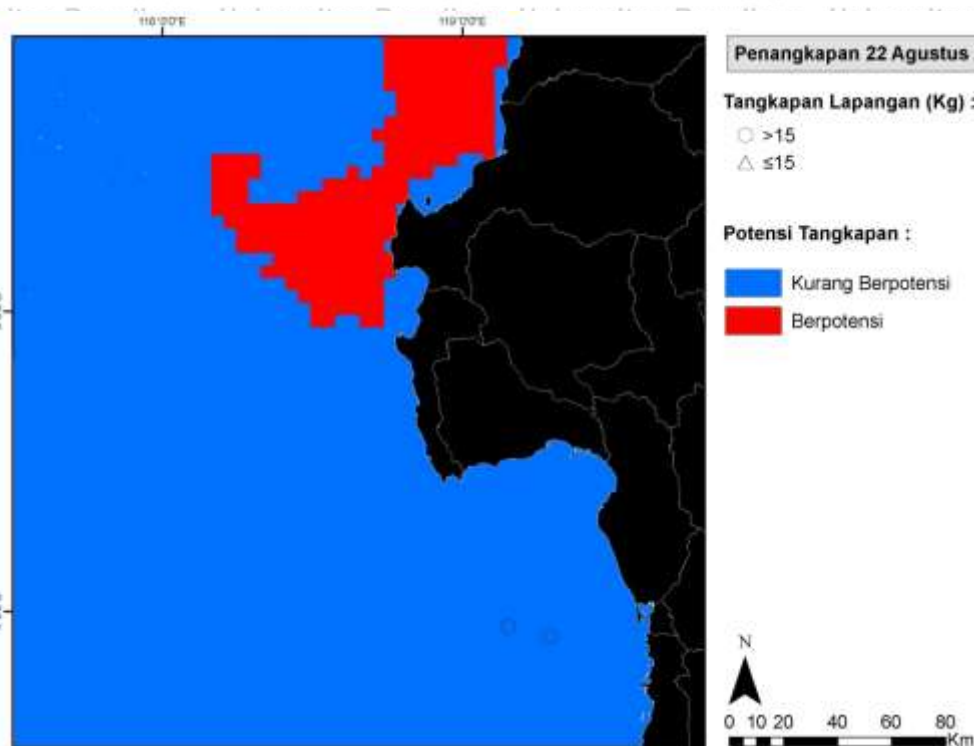
Gambar 33. Peta prediksi zona potensi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* di perairan Selat Makassar pada tanggal 21 Juli 2019. Area potensial untuk penangkapan ikan dilakukan di daerah pantai hingga lepas pantai

Peta Gambar 34 menunjukkan bahwa prediksi wilayah potensial penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* pada tanggal 20 Agustus 2019 berada di wilayah pesisir, terutama di sekitar wilayah dengan garis lintang $2^{\circ}30'S - 3^{\circ}00'S$ dan bujur $118^{\circ}30'T - 119^{\circ}00'T$. Sementara daerah lepas pantai di bagian barat, barat daya dan Selatan perairan laut Selat Makassar kurang potensial. Data tangkapan asli yang diplot pada peta menunjukkan bahwa posisi penangkapan berada pada zona wilayah kurang potensial dimana hasil tangkapan $\leq 15,00$ kg, sedangkan untuk posisi penangkapan pada wilayah tangkapan dengan hasil $> 15,00$ kg tidak ditemukan dimana merupakan wilayah zona potensial penangkapan.



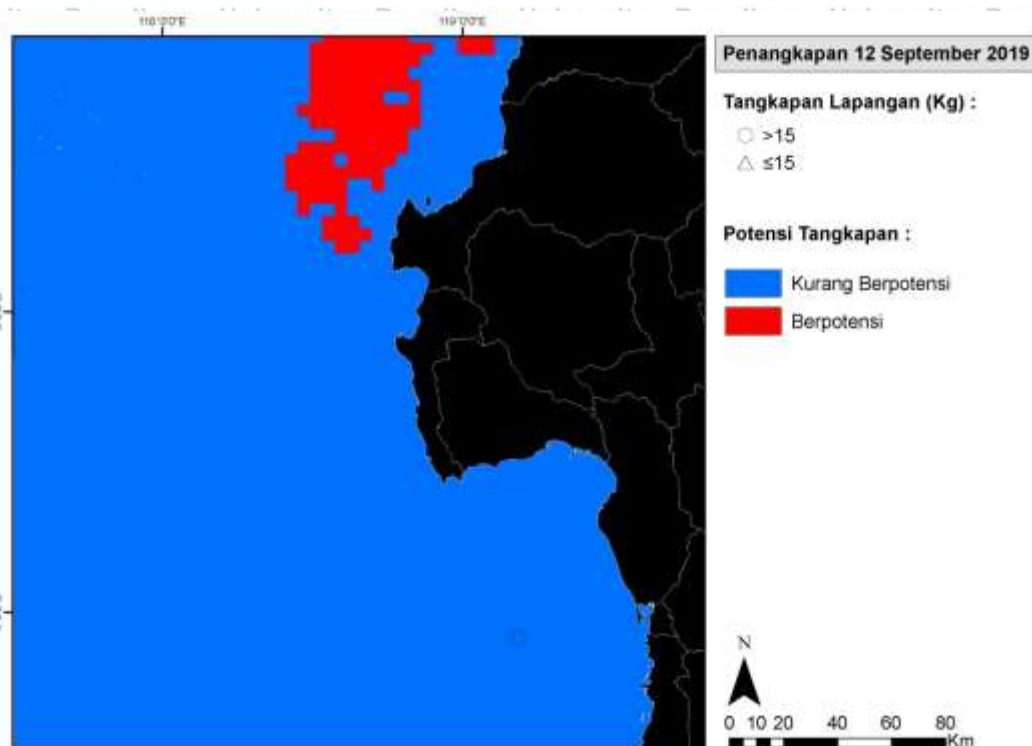
Gambar 34. Peta prediksi zona potensi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* di perairan Selat Makassar pada tanggal 20 Agustus 2019. Area potensial untuk penangkapan ikan dilakukan di daerah pantai hingga lepas pantai

Peta Gambar 35 menunjukkan bahwa prediksi wilayah potensial penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* pada tanggal 22 Agustus 2019 berada di wilayah pesisir, terutama di sekitar wilayah dengan garis lintang $2^{\circ}30'S - 3^{\circ}00'S$ dan bujur $118^{\circ}30'T - 119^{\circ}00'T$. Sementara daerah lepas pantai di bagian barat, barat daya dan Selatan perairan laut Selat Makassar kurang potensial. Data tangkapan asli yang diplot pada peta menunjukkan bahwa posisi penangkapan berada pada zona wilayah kurang potensial dimana hasil tangkapan $\leq 15,00$ kg, sedangkan untuk posisi penangkapan pada wilayah tangkapan dengan hasil $> 15,00$ kg tidak ditemukan dimana merupakan wilayah zona potensial penangkapan.



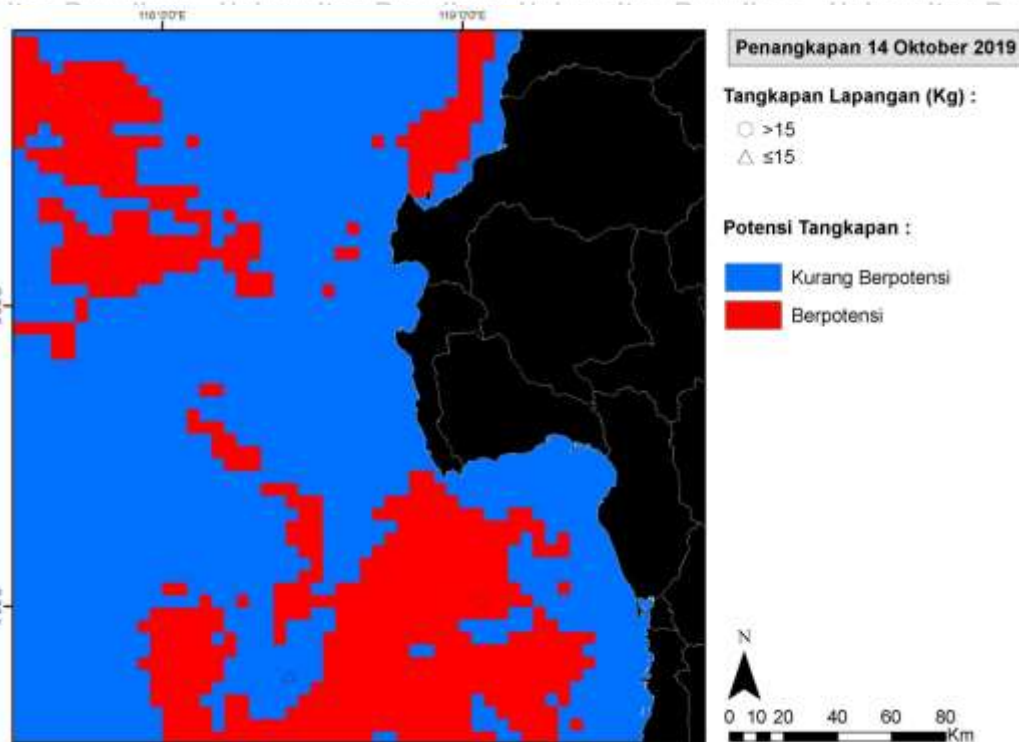
Gambar 35. Peta prediksi zona potensi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* di perairan Selat Makassar pada tanggal 22 Agustus 2019. Area potensial untuk penangkapan ikan dilakukan di daerah pantai hingga lepas pantai

Peta Gambar 36 menunjukkan bahwa prediksi wilayah potensial penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* pada tanggal 12 September 2019 berada di wilayah pesisir, terutama di sekitar wilayah dengan garis lintang $2^{\circ}30'S - 3^{\circ}00'S$ dan bujur $118^{\circ}30'T - 119^{\circ}00'T$. Sementara daerah lepas pantai di bagian barat, barat daya dan Selatan perairan laut Selat Makassar kurang potensial. Data tangkapan asli yang diplot pada peta menunjukkan bahwa posisi penangkapan berada pada zona wilayah kurang potensial dimana hasil tangkapan $\leq 15,00$ kg, sedangkan untuk posisi penangkapan pada wilayah tangkapan dengan hasil $>15,00$ kg tidak ditemukan dimana merupakan wilayah zona potensial penangkapan.



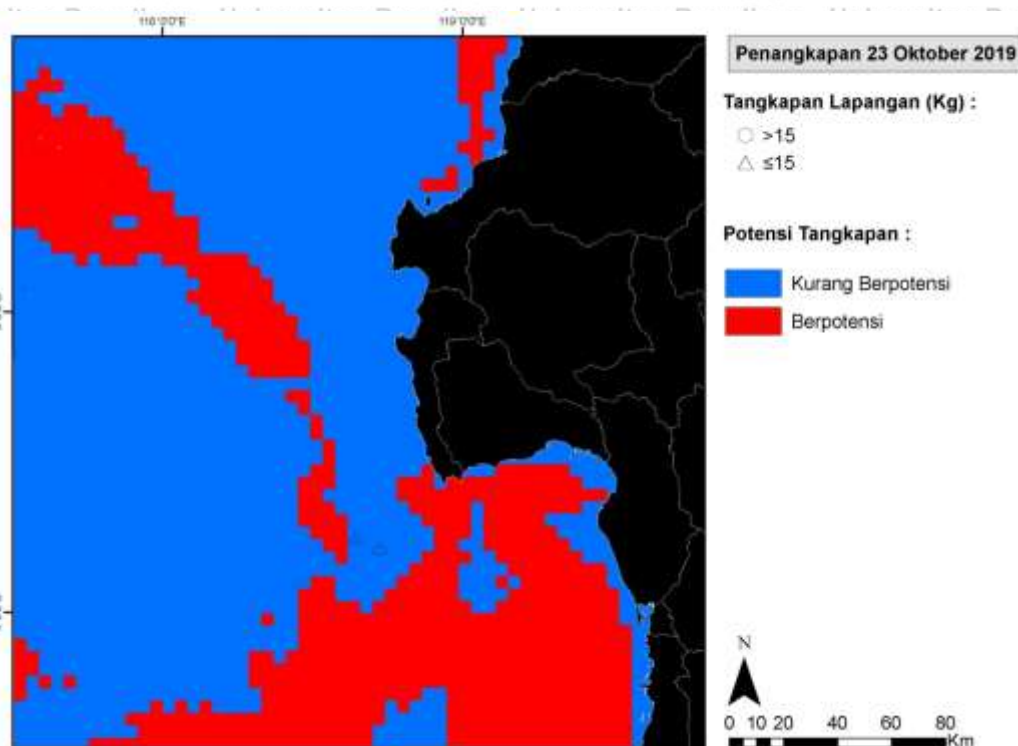
Gambar 36. Peta prediksi zona potensi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* di perairan Selat Makassar pada tanggal 12 September 2019. Area potensial untuk penangkapan ikan dilakukan di daerah pantai hingga lepas pantai

Peta Gambar 37 menunjukkan bahwa prediksi wilayah potensial penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* pada tanggal 14 Oktober 2019 berada di wilayah lepas pantai, terutama di sekitar wilayah dengan garis lintang $4^{\circ}00'S$ - $4^{\circ}30'S$ dan bujur $118^{\circ}00'T$ - $119^{\circ}00'T$. Sementara daerah lepas pantai di bagian utara dan barat daya perairan Selat Makassar kurang potensial. Data tangkapan asli yang diplot pada peta menunjukkan bahwa posisi penangkapan berada pada wilayah tangkapan dengan hasil $>15,00$ kg dimana merupakan wilayah zona potensial penangkapan, sedangkan untuk posisi penangkapan pada wilayah zona kurang potensial $\leq 15,00$ kg tidak ditemukan.



Gambar 37. Peta prediksi zona potensi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* di perairan Selat Makassar pada tanggal 14 Oktober. Area potensial untuk penangkapan ikan dilakukan di daerah pantai hingga lepas pantai

Peta Gambar 38 menunjukkan bahwa prediksi wilayah potensial penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* pada tanggal 23 Oktober 2019 berada di wilayah pesisir dan lepas pantai, terutama di sekitar wilayah dengan garis lintang $3^{\circ}30'S$ - $4^{\circ}30'S$ dan bujur $118^{\circ}30'T$ - $119^{\circ}30'T$. Sementara daerah lepas pantai di bagian utara dan barat daya perairan laut Selat Makassar kurang potensial. Data tangkapan asli yang diplot pada peta menunjukkan bahwa posisi penangkapan berada pada zona wilayah kurang potensial dimana hasil tangkapan $\leq 15,00$ kg, sedangkan untuk posisi penangkapan pada wilayah tangkapan dengan hasil $>15,00$ kg tidak ditemukan dimana merupakan wilayah zona potensial penangkapan.



Gambar 38. Peta prediksi zona potensi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* di perairan Selat Makassar pada tanggal 23 Oktober 2019. Area potensial untuk penangkapan ikan dilakukan di daerah pantai hingga lepas pantai

Hasil penelitian ini menunjukkan kemampuan integrasi teknologi penginderaan jauh, analisis statistik dan teknik GIS dalam memprediksi daerah potensi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* di Selat Makassar. Analisis frekuensi dan analisis SI terbukti cocok digunakan untuk mendapatkan rentang kesesuaian parameter oseanografi untuk ikan terbang, hal yang sama juga dikemukakan oleh Brodie (2015) bahwa model HSI merupakan salah satu model yang mampu menilai variasi spasial dan temporal lingkungan terhadap distribusi musiman ikan pelagis pesisir dan Robinson *et al* (2011) menyatakan bahwa model prediksi kesesuaian habitat dapat digunakan untuk memprediksi spesies tertentu dalam suatu kawasan perairan.

Variasi konsentrasi klorofil-a dan suhu permukaan laut di perairan Selat Makassar dipengaruhi oleh perubahan musim. Rentang konsentrasi klorofil-a di perairan Selat Makassar pada saat pengambilan sampel selama satu tahun

(Januari hingga Desember 2019) adalah antara 0,0210 – 0,4583 mg/m³.

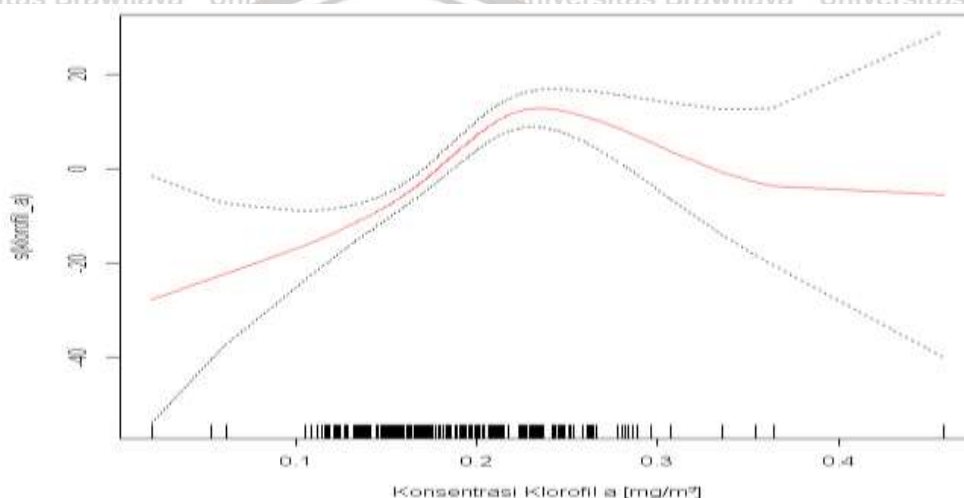
Konsentrasi klorofil-a selalu tinggi di perairan Selat Makassar selama musim timur dan musim barat membuat daerah ini selalu subur sepanjang tahun (Nurdin *et al.* 2015). Hasil tangkapan tertinggi ikan terbang *Exocoetidae* diperoleh pada kisaran kesesuaian konsentrasi klorofil-a yakni 0,1304 – 0,2396 mg/m³, hal ini tidak jauh berbeda dengan kisaran kesesuaian klorofil-a untuk ikat terbang di beberapa wilayah yang diperoleh beberapa peneliti antara lain Yahya (2006) menemukan bahwa konsentrasi klorofil-a di perairan Selat Makassar berada pada kisaran 1,00 – 1,50 mg/m³, Palo *et al.*, (2019) di perairan 0,100 – 0,90 mg/m³.

Sedangkan untuk parameter suhu permukaan laut, berat dan frekuensi rata-rata hasil tangkapan tertinggi untuk spesies ikan terbang *Exocoetidae* 28,05 – 34,33°C. Ini hampir sama dengan kisaran kesesuaian suhu permukaan laut untuk ikan terbang *Exocoetidae* di daerah lainnya diperoleh oleh beberapa peneliti, antara lain oleh Lewallen, (2012) di perairan Australia 28,5°C, Palo *et al.*, (2019) di perairan Selat Makassar 29,05 – 31,00°C, Yahya, (2006) di perairan Selat Makassar 28,00 – 31,00°C. Sebaran spasial ikan terbang *Exocoetidae* di perairan Selat Makassar, sangat dipengaruhi oleh kondisi sebaran klorofil-a di wilayah tersebut. Ikan ini cenderung bergerak ke wilayah yang sesuai dengan kondisi tubuh ikan. Namun hasil tangkapan tinggi juga ditemukan pada diprediksi kisaran kesesuaian klorofil-a dan suhu permukaan laut. Kombinasi dari dua rentang kesesuaian ini menghasilkan distribusi ikan yang tinggi di daerah yang dekat dengan pantai.

5.5.4. Analisis GAM Untuk Penentuan Area Potensial Penangkapan Ikan Terbang *Exocoetidae*.

Analisis GAM dilakukan untuk mengetahui hubungan antara hasil tangkapan ikan terbang *Exocoetidae* dengan klorofil-a dan suhu permukaan laut.

Berdasarkan hasil analisis didapatkan bahwa ada hubungan antara hasil tangkapan ikan dengan klorofil-a sangat nyata ($P < 0,0001$). Hasil serupa juga ditemukan tentang hubungan antara hasil tangkapan ikan dan suhu permukaan laut ($P < 0,0001$) Tabel 8.



Gambar 39. Grafik analisis GAM untuk klorofil-a terhadap hasil tangkapan ikan terbang *Exocoetidae*. Kepadatan relatif dari distribusi data ditunjukkan pada plot sumbu x. Kepadatan relatif dari distribusi data tangkapan tertinggi berada pada konsentrasi klorofil-a 0,138 – 0,238 mg/m^3

Tabel 7. Hasil analisis GAM (ANOVA non-parametrik) tentang pengaruh klorofil-a dan suhu permukaan laut terhadap hasil tangkapan ikan terbang *Exocoetidae*.

Variabel	Pr (F)	Signifikan
Suhu Permukaan Laut	0,0001172	$< 0,0001$
Klorofil-a	0,0002341	$< 0,0001$

Berdasarkan hasil analisis GAM diperoleh hasil parameter suhu permukaan laut sangat berpengaruh secara spasial dan temporal dan berkaitan erat dengan jumlah hasil tangkapan ikan terbang *Exocoetidae* di Perairan Selat

Makassar. Hal ini sejalan dengan hasil yang diperoleh Palo *et al* (2019); Yahya (2006); Zainuddin dan Hasanuddin (2014); Lewallen *et al* (2018); Zainuddin (2011)

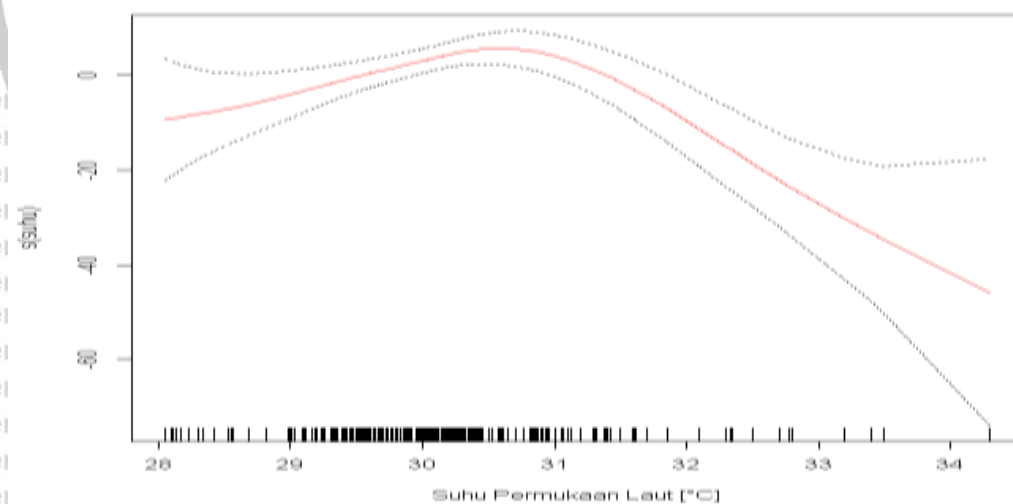
dimana suhu permukaan laut berpengaruh terhadap keberadaan ikan terbang *Exocoetidae*.

Korelasi kuat antara hasil tangkapan ikan terbang *Exocoetidae* dengan konsentrasi klorofil-a terbentuk pada kisaran 0,14 - 0,24 mg/m³ (Gambar 39),

sedangkan keterkaitan yang kuat antara hasil tangkapan ikan terbang *Exocoetidae* dengan suhu permukaan laut terbentuk antara kisaran 29,00 –

31,00°C (Gambar 40). Hubungan yang kuat ditunjukkan dengan kepadatan distribusi relatif tinggi dari data penangkapan (frekuensi penangkapan) dalam kisaran klorofil-a dan suhu permukaan laut relatif terhadap Kelas lainnya.

Hubungan antara hasil tangkapan dengan parameter klorofil-a dan suhu permukaan laut terhadap hasil analisis GAM ini konsisten dengan hasil analisis frekuensi dan analisis SI.



Gambar 40. Grafik analisis GAM untuk suhu permukaan laut terhadap hasil tangkapan ikan terbang *Exocoetidae*. Kepadatan relatif dari distribusi data ditampilkan di plot sumbu x. Kepadatan distribusi relatif dari data tangkapan tertinggi adalah pada suhu permukaan laut 29,00 – 31,00°C

Model GAM digunakan untuk menentukan wilayah potensial ikan terbang *Exocoetidae* di perairan Selat Makassar. Klorofil-a dan data suhu permukaan laut dalam format ASCII digunakan sebagai input utama pada penentuan wilayah potensial. Data citra harian yang digunakan sama dengan data yang digunakan dalam penentuan wilayah potensial dengan menggunakan pendekatan SI. Peta potensi yang dihasilkan menunjukkan zona dengan potensi tangkapan rendah (≤ 15.00 kg) dan zona dengan potensi tangkapan tinggi (> 15.00 kg). Data hasil tangkapan ikan asli (data yang disimpan) juga diplot di peta untuk menunjukkan hasil tangkapan ikan yang sebenarnya di lokasi itu.

Daerah dengan jarak < 12 mil laut dari garis pantai disebut sebagai daerah pantai, sedangkan daerah dengan jarak > 12 mil laut dari garis pantai disebut sebagai daerah lepas pantai (UU 23 Tahun 2014). Kegiatan penangkapan ikan terbang dilakukan sepanjang tahun, hal yang sama telah diungkapkan (Yahya, 2006) dimana musim penangkapan ikan terbang di Selat Makassar dengan *fishing base* Desa Somba dilakukan sepanjang musim dan tidak menunjukkan adanya pergeseran daerah penangkapan yang jauh. Hal ini diakibatkan oleh kapal penangkapan serta alat tangkap yang digunakan masih relative kecil, sehingga sulit menjangkau daerah penangkapan yang berada pada wilayah perairan yang jauh.

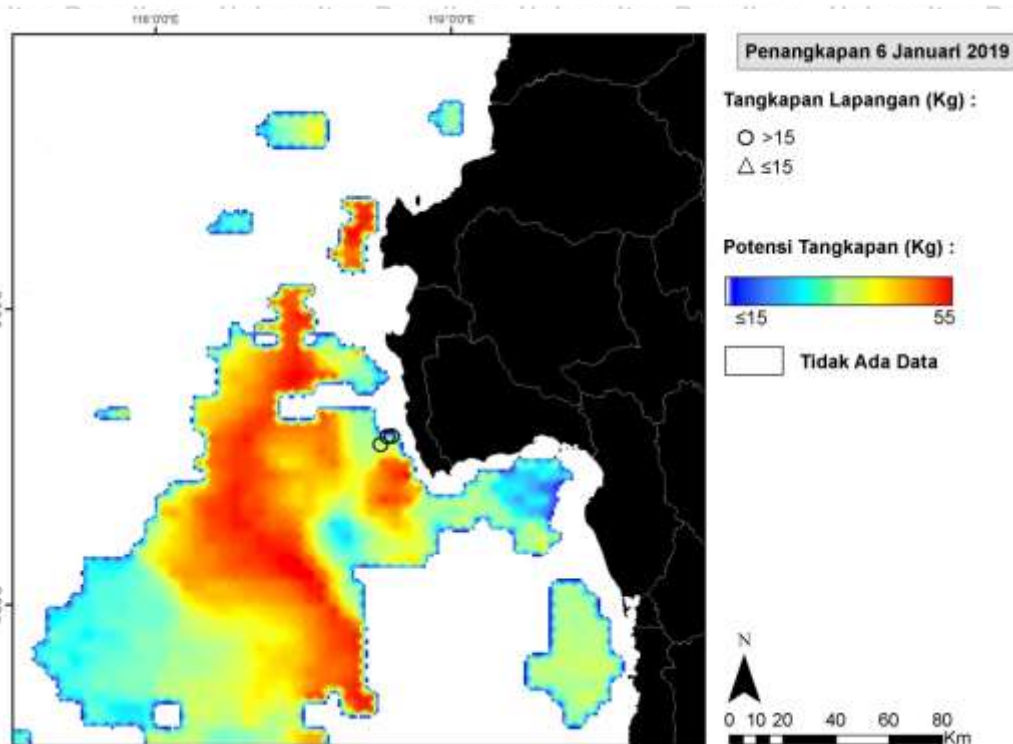
Analisis GAM digunakan untuk menentukan hubungan antara hasil tangkapan ikan terbang *Exocoetidae* dengan parameter klorofil-a dan suhu permukaan laut. Analisis ini digunakan karena paling sesuai dengan hasil uji normalitas data sebelumnya dimana hasil data penangkapan ikan terbang yang telah diperoleh menghasilkan distribusi tidak normal (non linier) (Bellido *et al* 2008; Bertrand *et al* 2004; Bigelow *et al* 1999; França *et al.* Al. 2012; Hastie dan Tibshirani 1990; Swartzman *et al.* 1995; Zainuddin *et al.* 2008).

Gambar 41 menunjukkan peta potensial penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* pada tanggal 6 Januari 2019. Daerah dengan potensi hasil tangkapan tinggi berada di perairan barat daya dan selatan perairan Selat Makassar.

Sedangkan area di perairan arah barat, barat laut dan utara Selat Makassar (antara garis lintang $2^{\circ}00'S$ - $3^{\circ}30'S$ dan bujur $118^{\circ}00'T$ - $119^{\circ}00'T$) memiliki potensi hasil tangkapan yang rendah. Data tangkapan asli yang diplot pada peta ini menunjukkan bahwa data tangkapan seberat $\leq 15,00$ kg tidak ditemukan berada di zona potensi tangkapan rendah. Sedangkan data hasil tangkapan dengan hasil $> 15,00$ kg berada di zona tersebut dengan potensi tangkapan tinggi.

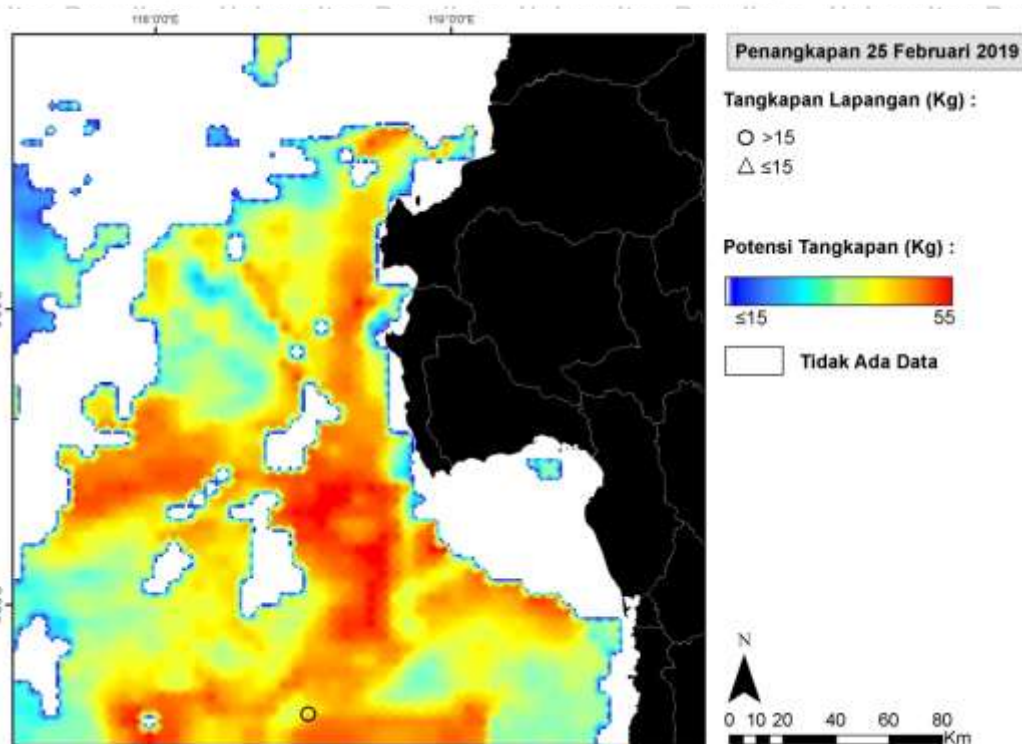
5.5.5. Kawasan Potensi Penangkapan Ikan terbang Terbang *Exocoetidae* Berdasarkan Analisis GAM

Gambar 41 menunjukkan peta potensial penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* pada tanggal 6 Januari 2019. Daerah dengan potensi hasil tangkapan tinggi berada di perairan selatan dan barat daya perairan Selat Makassar. Sedangkan area di perairan arah barat, barat laut dan utara Selat Makassar (antara garis garis lintang $2^{\circ}00'S$ - $3^{\circ}00'S$ dan bujur $117^{\circ}30'T$ - $119^{\circ}00'T$) memiliki potensi hasil tangkapan yang rendah. Data tangkapan asli yang diplot pada peta ini menunjukkan bahwa data tangkapan seberat $\leq 15,00$ kg tidak ditemukan berada di zona potensi tangkapan rendah, akan tetapi data hasil tangkapan dengan hasil $> 15,00$ kg berada di zona dengan potensi tangkapan tinggi.



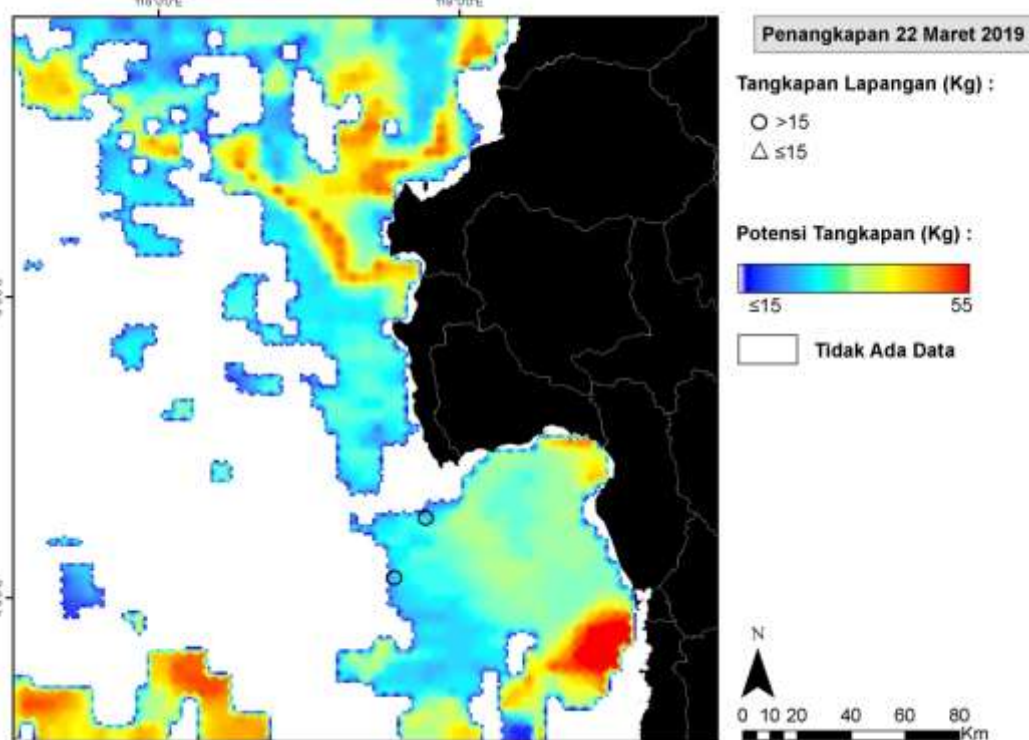
Gambar 41. Peta potensi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* berdasarkan SPL dan CHL di perairan Selat Makassar pada tanggal 6 Januari 2019

Gambar 42 menunjukkan peta potensial penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* pada tanggal 25 Februari 2019. Daerah dengan potensi hasil tangkapan tinggi berada di perairan selatan dan barat daya perairan Selat Makassar. Sedangkan area di perairan arah barat, barat laut dan utara Selat Makassar (antara garis garis lintang $2^{\circ}00'S$ - $3^{\circ}00'S$ dan bujur $117^{\circ}30'T$ - $119^{\circ}00'T$) memiliki potensi hasil tangkapan yang rendah. Data tangkapan asli yang diplot pada peta ini menunjukkan bahwa data tangkapan seberat $\leq 15,00$ kg tidak ditemukan berada di zona potensi tangkapan rendah, akan tetapi data hasil tangkapan dengan hasil $>15,00$ kg berada di zona dengan potensi tangkapan tinggi.



Gambar 42. Peta potensi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* berdasarkan SPL dan CHL di perairan Selat Makassar pada tanggal 25 Februari 2019

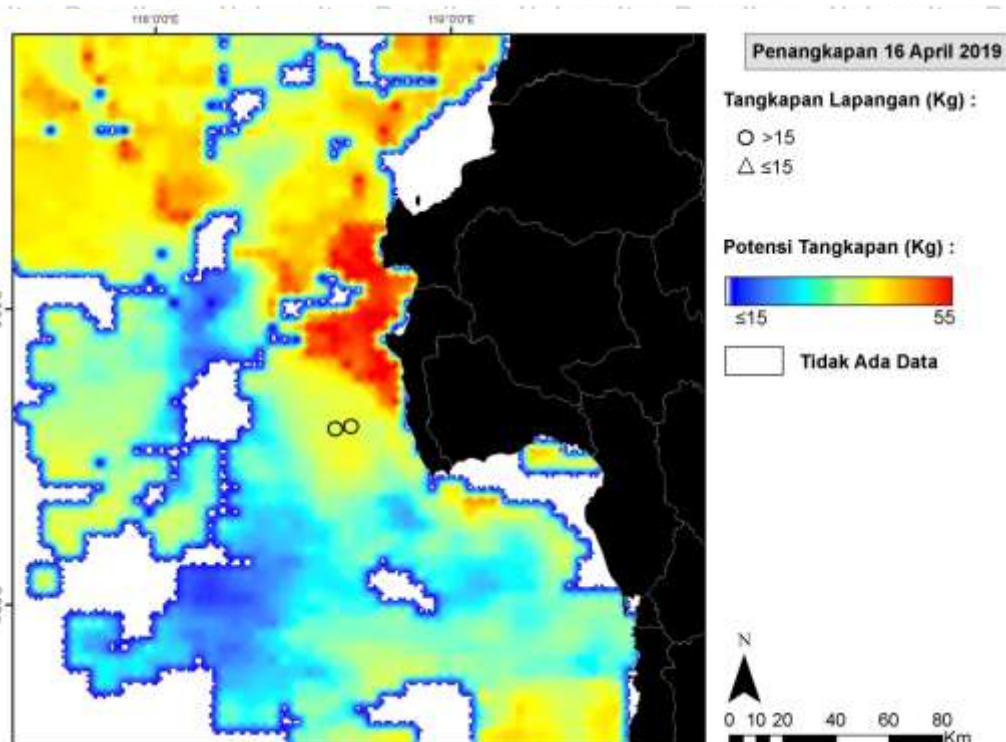
Gambar 43 menunjukkan peta potensial penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* pada tanggal 22 Maret 2019. Daerah dengan potensi hasil tangkapan tinggi mencakup sebagian besar wilayah perairan Selat Makassar. Data tangkapan asli yang diplot pada peta ini menunjukkan bahwa data tangkapan seberat ≤15,00 kg tidak ditemukan berada di zona potensi tangkapan rendah, akan tetapi data hasil tangkapan dengan hasil >15,00 kg berada di zona dengan potensi tangkapan tinggi.



Gambar 43. Peta potensi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* berdasarkan SPL dan CHL di perairan Selat Makassar pada tanggal 22 Maret 2019

Gambar 44 menunjukkan peta potensial penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* pada tanggal 16 April 2019. Daerah dengan potensi hasil tangkapan tinggi berada di bagian tengah (arah utara dan selatan) perairan Selat Makassar.

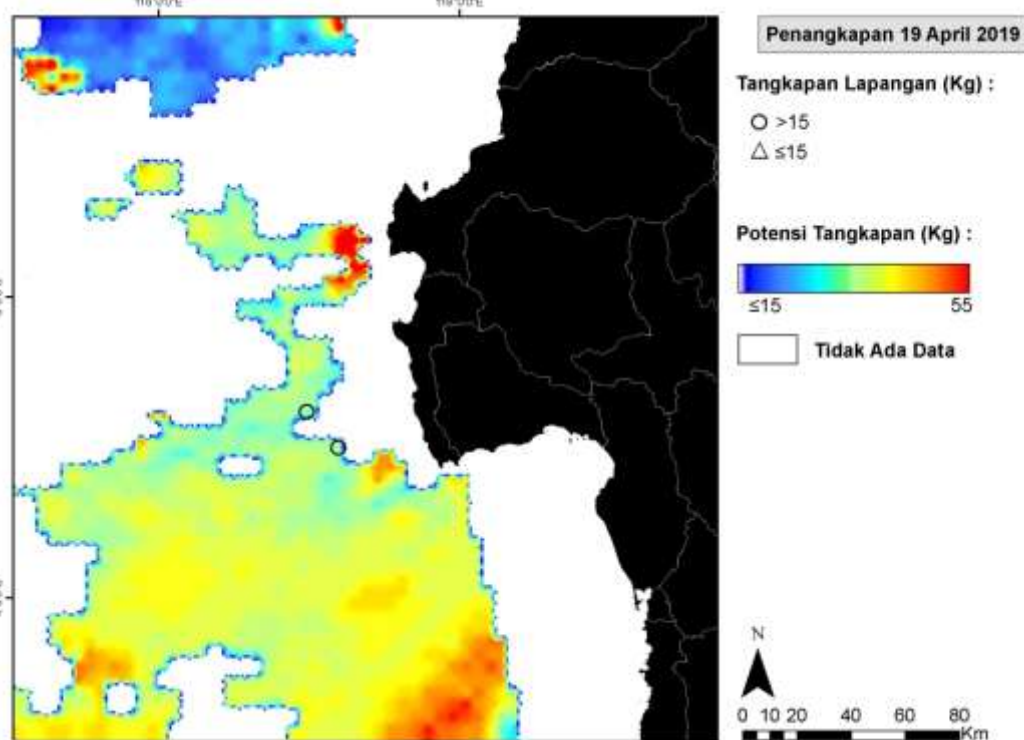
Sedangkan area di perairan arah barat, dan timur Selat Makassar memiliki potensi hasil tangkapan yang rendah. Data tangkapan asli yang di plot pada peta ini menunjukkan bahwa data tangkapan seberat ≤15,00 kg tidak ditemukan berada di zona potensi tangkapan rendah, akan tetapi data hasil tangkapan dengan hasil >15,00 kg berada di zona dengan potensi tangkapan tinggi.



Gambar 44. Peta potensi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* berdasarkan SPL dan CHL di perairan Selat Makassar pada tanggal 16 April 2019

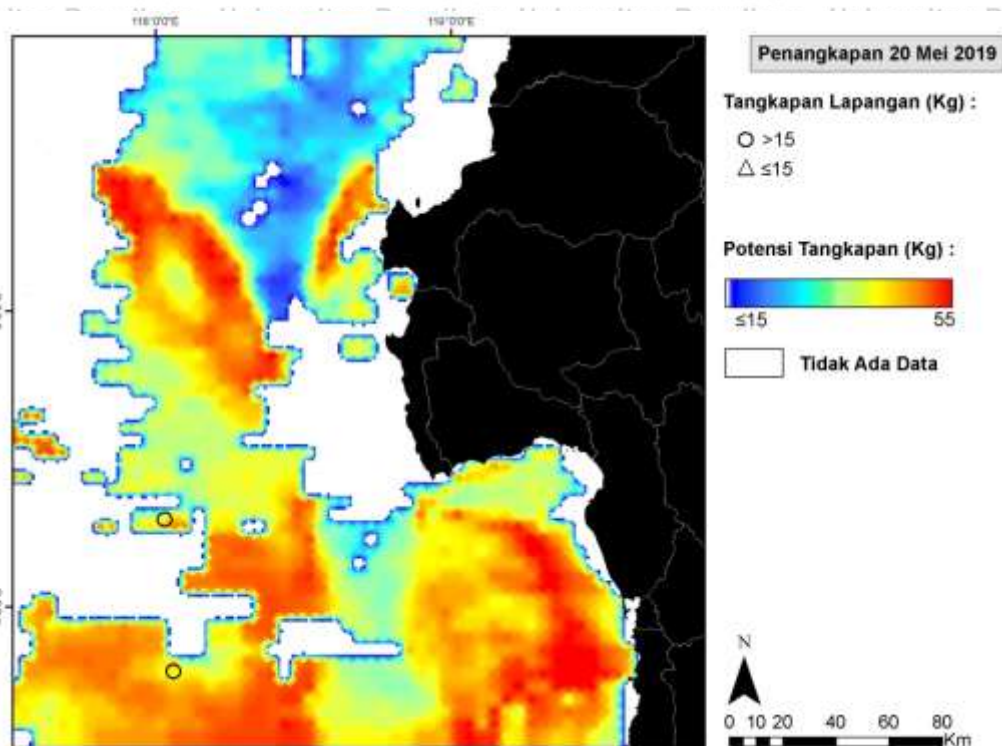
Gambar 45 menunjukkan peta potensial penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* pada tanggal 19 April 2019. Daerah dengan potensi hasil tangkapan tinggi berada di bagian tengah (arah utara dan selatan) perairan Selat Makassar.

Sedangkan area di perairan arah barat, dan timur Selat Makassar memiliki potensi hasil tangkapan yang rendah. Data tangkapan asli yang diplot pada peta ini menunjukkan bahwa data tangkapan seberat ≤15,00 kg tidak ditemukan berada di zona potensi tangkapan rendah, akan tetapi data hasil tangkapan dengan hasil >15,00 kg berada di zona dengan potensi tangkapan tinggi.



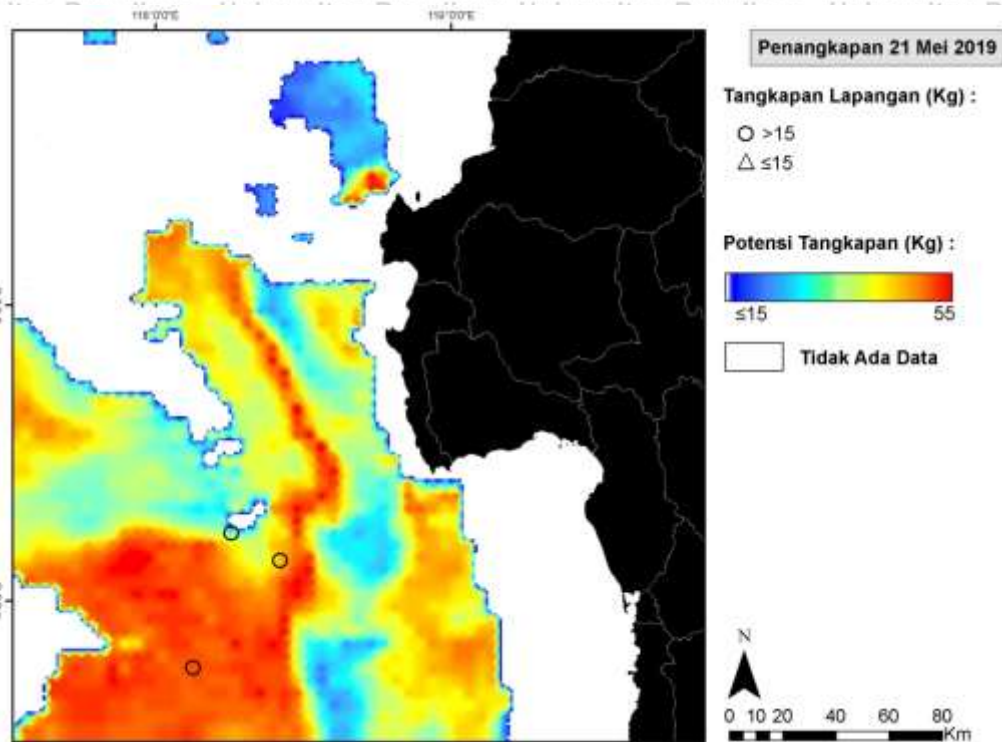
Gambar 45. Peta potensi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* berdasarkan SPL dan CHL di perairan Selat Makassar pada tanggal 19 April 2019

Gambar 46 menunjukkan peta potensial penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* pada tanggal 20 Mei 2019. Daerah dengan potensi hasil tangkapan tinggi berada di bagian tengah (arah utara dan selatan) perairan Selat Makassar. Sedangkan area di perairan arah barat, dan timur Selat Makassar memiliki potensi hasil tangkapan yang rendah. Data tangkapan asli yang diplot pada peta ini menunjukkan bahwa data tangkapan seberat $\leq 15,00$ kg tidak ditemukan berada di zona potensi tangkapan rendah, akan tetapi data hasil tangkapan dengan hasil $> 15,00$ kg berada di zona dengan potensi tangkapan tinggi.



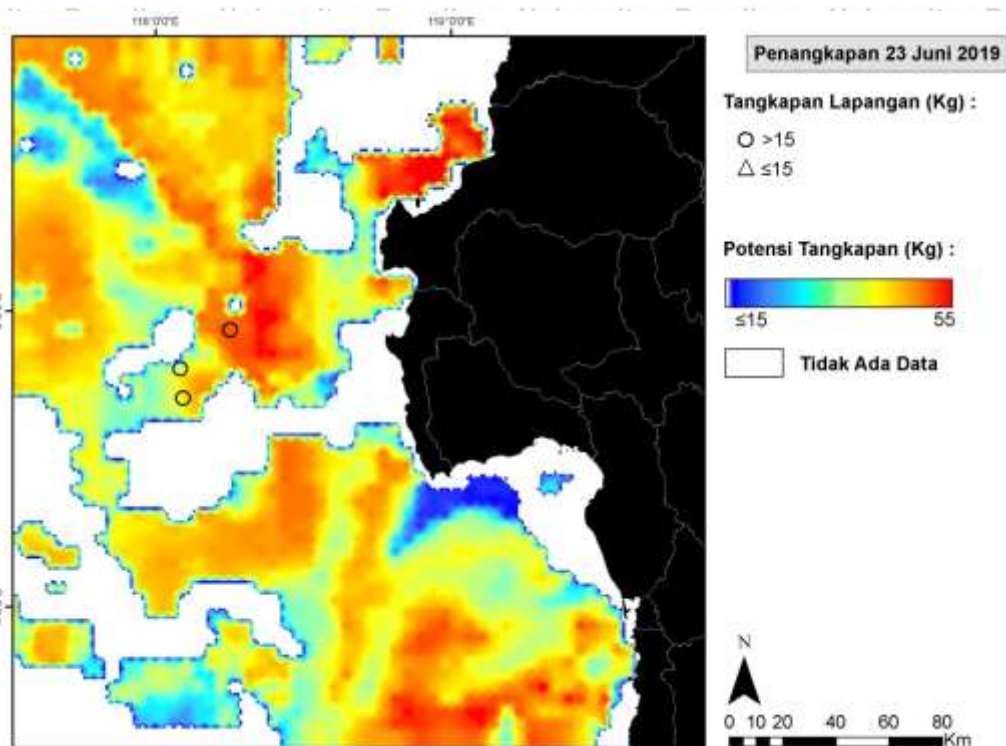
Gambar 46. Peta potensi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* berdasarkan SPL dan CHL di perairan Selat Makassar pada tanggal 20 Mei 2019

Gambar 47 menunjukkan peta potensial penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* pada tanggal 20 Mei 2019. Daerah dengan potensi hasil tangkapan tinggi berada di perairan selatan dan barat daya perairan Selat Makassar. Sedangkan area di perairan arah barat, barat laut dan utara Selat Makassar (antara garis garis lintang $2^{\circ}00'S$ - $3^{\circ}00'S$ dan bujur $117^{\circ}30'T$ - $119^{\circ}00'T$) memiliki potensi hasil tangkapan yang rendah. Data tangkapan asli yang diplot pada peta ini menunjukkan bahwa data tangkapan seberat $\leq 15,00$ kg tidak ditemukan berada di zona potensi tangkapan rendah, akan tetapi data hasil tangkapan dengan hasil $> 15,00$ kg berada di zona dengan potensi tangkapan tinggi.



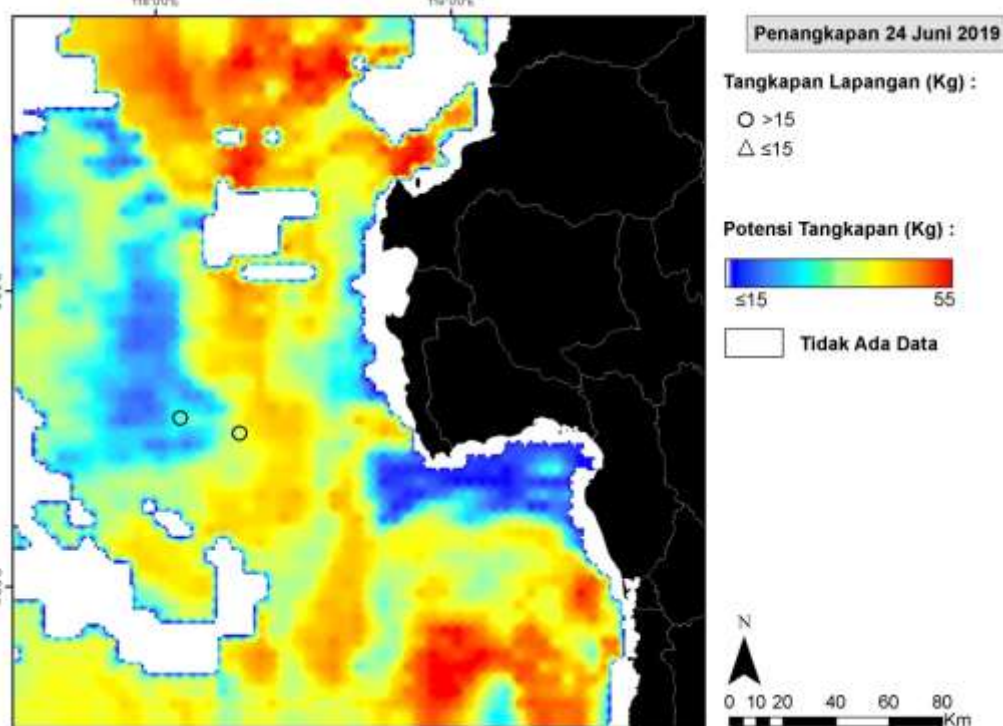
Gambar 47. Peta potensi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* berdasarkan SPL dan CHL di perairan Selat Makassar pada tanggal 21 Mei 2019

Gambar 48 menunjukkan peta potensial penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* pada tanggal 23 Juni 2019. Daerah dengan potensi hasil tangkapan tinggi mencakup sebagian besar wilayah perairan Selat Makassar. Data tangkapan asli yang diplot pada peta ini menunjukkan bahwa data tangkapan seberat ≤15,00 kg tidak ditemukan berada di zona potensi tangkapan rendah, akan tetapi data hasil tangkapan dengan hasil >15,00 kg berada di zona dengan potensi tangkapan tinggi.



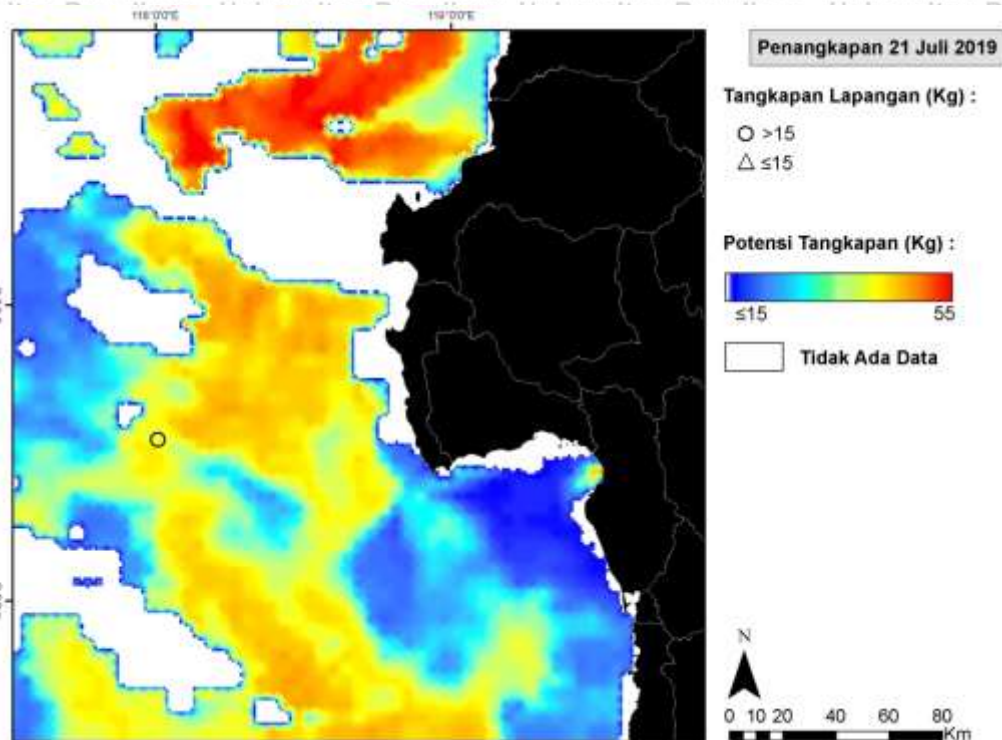
Gambar 48. Peta potensi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* berdasarkan SPL dan CHL di perairan Selat Makassar pada tanggal 23 Juni 2019

Gambar 49 menunjukkan peta potensial penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* pada tanggal 24 Juni 2019. Daerah dengan potensi hasil tangkapan tinggi mencakup sebagian besar wilayah perairan Selat Makassar. Data tangkapan asli yang diplot pada peta ini menunjukkan bahwa data tangkapan seberat ≤15,00 kg tidak ditemukan berada di zona potensi tangkapan rendah, akan tetapi data hasil tangkapan dengan hasil >15,00 kg berada di zona dengan potensi tangkapan tinggi.



Gambar 49. Peta potensi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* berdasarkan SPL dan CHL di perairan Selat Makassar pada tanggal 24 Juni 2019

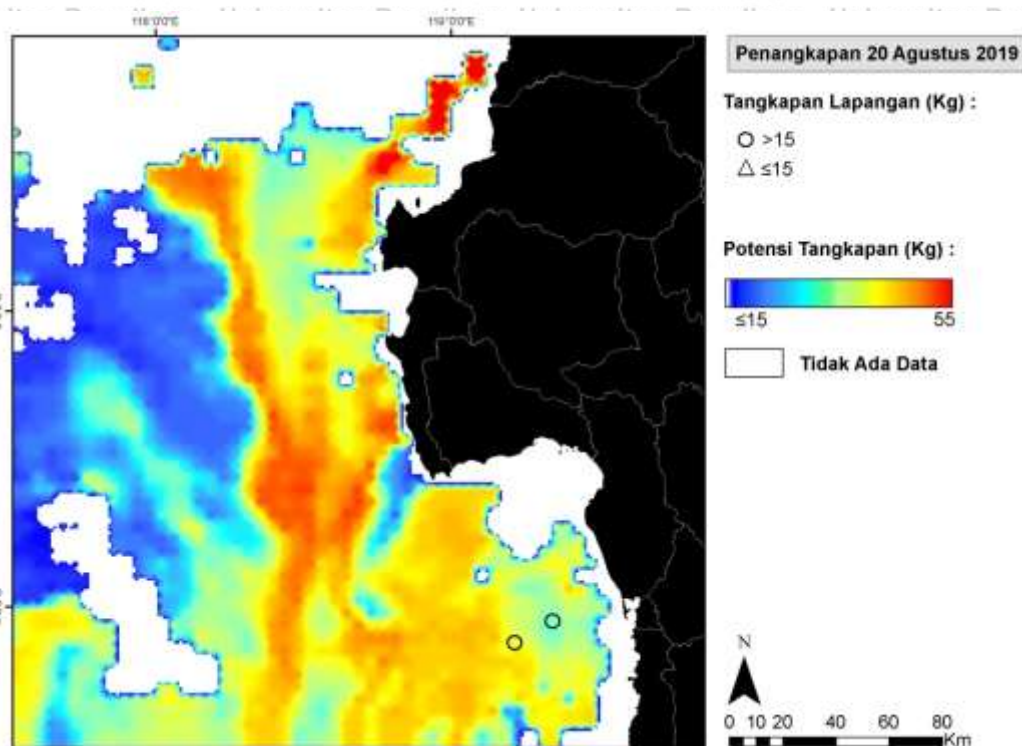
Gambar 50 menunjukkan peta potensial penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* pada tanggal 21 Juli 2019. Daerah dengan potensi hasil tangkapan tinggi mencakup sebagian besar wilayah perairan Selat Makassar. Data tangkapan asli yang diplot pada peta ini menunjukkan bahwa data tangkapan seberat ≤15,00 kg tidak ditemukan berada di zona potensi tangkapan rendah, akan tetapi data hasil tangkapan dengan hasil >15,00 kg berada di zona dengan potensi tangkapan tinggi.



Gambar 50. Peta potensi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* berdasarkan SPL dan CHL di perairan Selat Makassar pada tanggal 21 Juli 2019

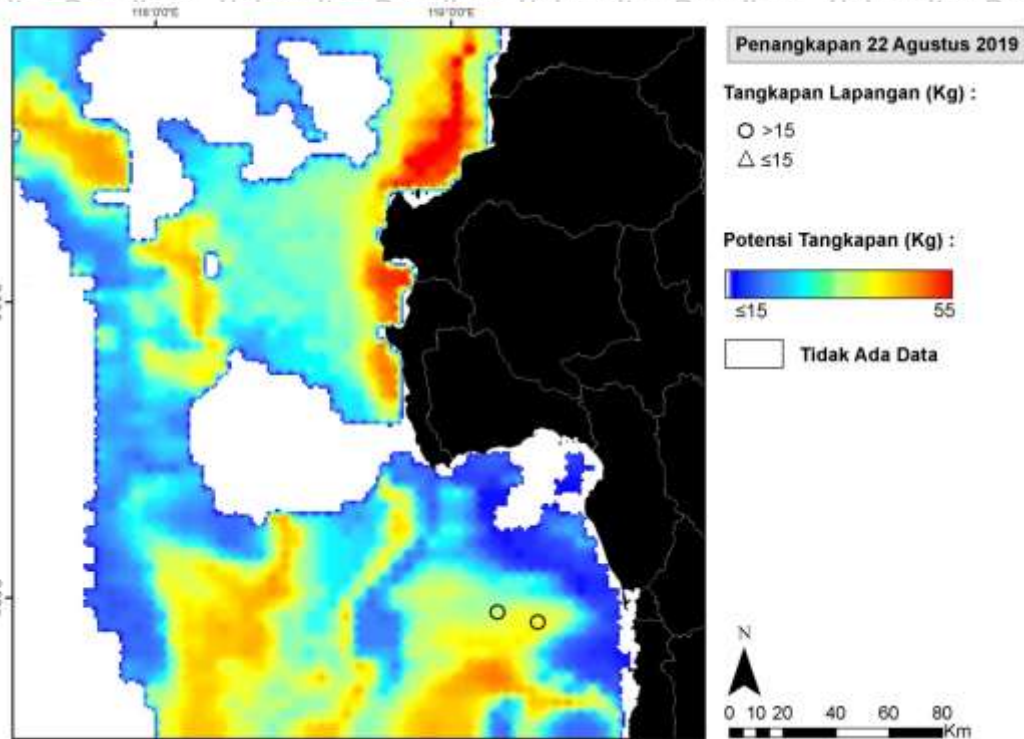
Gambar 51 menunjukkan peta potensial penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* pada tanggal 20 Agustus 2019. Daerah dengan potensi hasil tangkapan tinggi mencakup sebagian besar wilayah perairan Selat Makassar.

Data tangkapan asli yang diplot pada peta ini menunjukkan bahwa data tangkapan seberat ≤15,00 kg tidak ditemukan berada di zona potensi tangkapan rendah, akan tetapi data hasil tangkapan dengan hasil >15,00 kg berada di zona dengan potensi tangkapan tinggi.



Gambar 51. Peta potensi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* berdasarkan SPL dan CHL di perairan Selat Makassar pada tanggal 20 Agustus 2019

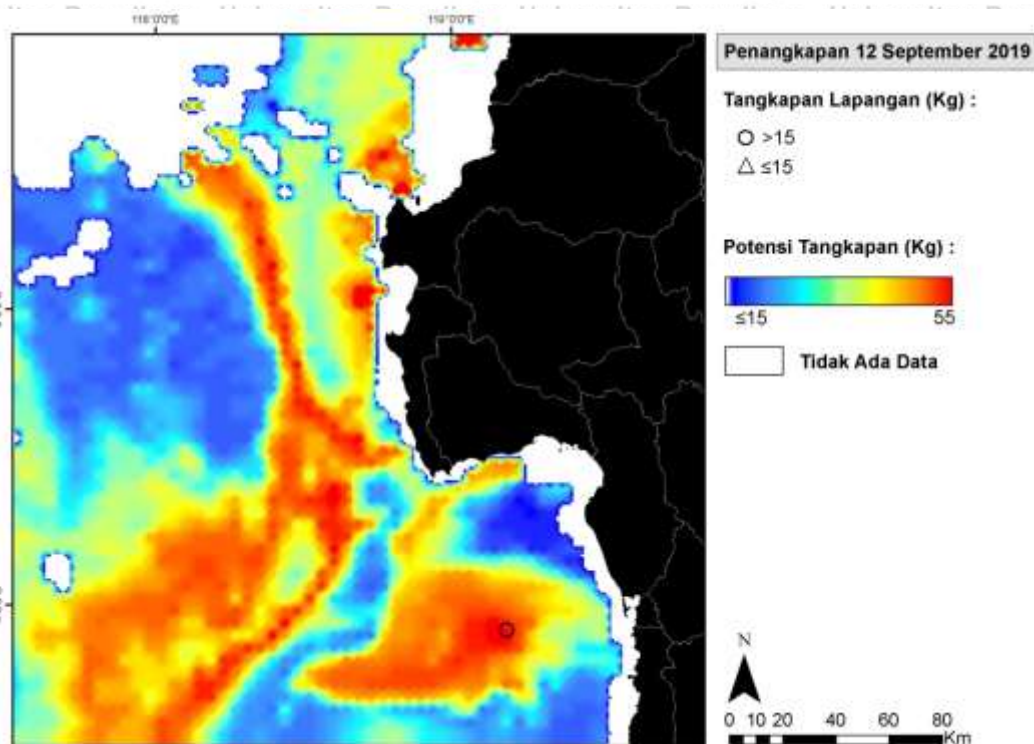
Gambar 52 menunjukkan peta potensial penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* pada tanggal 21 Agustus 2019. Daerah dengan potensi hasil tangkapan tinggi mencakup sebagian besar wilayah perairan Selat Makassar. Data tangkapan asli yang diplot pada peta ini menunjukkan bahwa data tangkapan seberat ≤15,00 kg tidak ditemukan berada di zona potensi tangkapan rendah, akan tetapi data hasil tangkapan dengan hasil >15,00 kg berada di zona dengan potensi tangkapan tinggi.



Gambar 52. Peta potensi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* berdasarkan SPL dan CHL di perairan Selat Makassar pada tanggal 21 Agustus 2019

Gambar 53 menunjukkan peta potensial penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* pada tanggal 12 September 2019. Daerah dengan potensi hasil tangkapan tinggi mencakup sebagian besar wilayah perairan Selat Makassar.

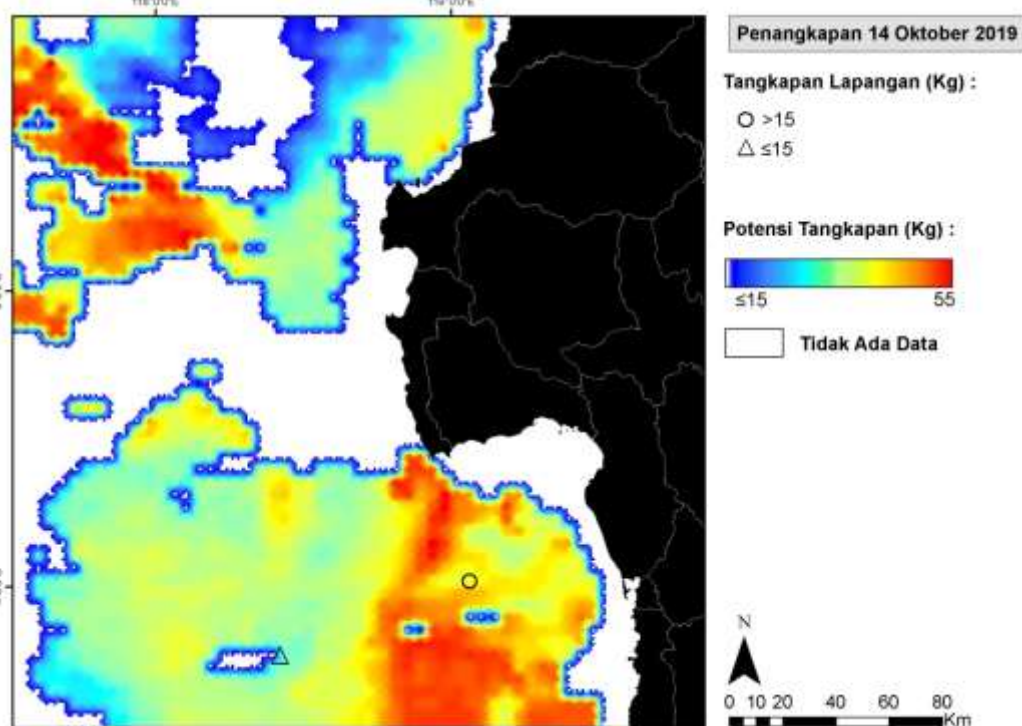
Data tangkapan asli yang diplot pada peta ini menunjukkan bahwa data tangkapan seberat ≤15,00 kg tidak ditemukan berada di zona potensi tangkapan rendah, akan tetapi data hasil tangkapan dengan hasil >15,00 kg berada di zona dengan potensi tangkapan tinggi.



Gambar 53. Peta potensi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* berdasarkan SPL dan CHL di perairan Selat Makassar pada tanggal 12 September 2019

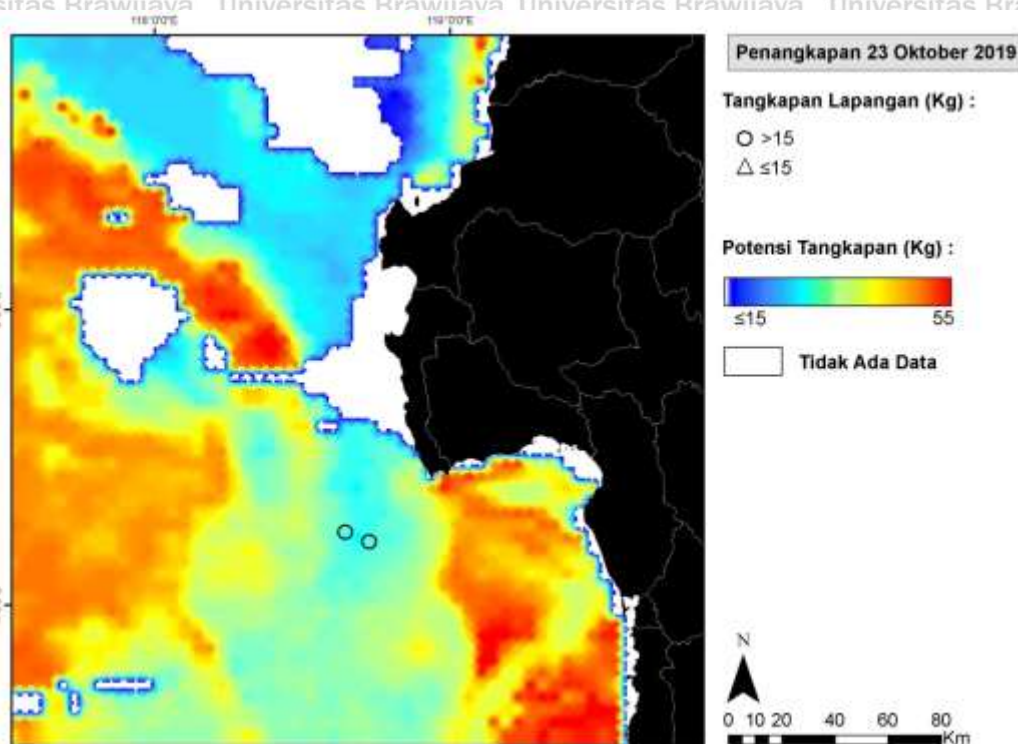
Gambar 54 menunjukkan peta potensial penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* pada tanggal 14 Oktober 2019. Daerah dengan potensi hasil tangkapan tinggi mencakup sebagian besar wilayah perairan Selat Makassar.

Data tangkapan asli yang diplot pada peta ini menunjukkan bahwa data tangkapan seberat ≤15,00 kg tidak ditemukan berada di zona potensi tangkapan rendah, akan tetapi data hasil tangkapan dengan hasil >15,00 kg berada di zona dengan potensi tangkapan tinggi.



Gambar 54. Peta potensi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* berdasarkan SPL dan CHL di perairan Selat Makassar pada tanggal 14 Oktober 2019

Gambar 55 menunjukkan peta potensial penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* pada tanggal 23 Oktober 2019. Daerah dengan potensi hasil tangkapan tinggi mencakup sebagian besar wilayah perairan Selat Makassar. Data tangkapan asli yang diplot pada peta ini menunjukkan bahwa data tangkapan seberat ≤15,00 kg tidak ditemukan berada di zona potensi tangkapan rendah, akan tetapi data hasil tangkapan dengan hasil >15,00 kg berada di zona dengan potensi tangkapan tinggi



Gambar 55. Peta potensi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* berdasarkan SPL dan CHL di perairan Selat Makassar pada tanggal 23 Oktober 2019

Analisis GAM terbukti efektif dalam memperoleh hubungan antar parameter oseanografi dan distribusi ikan terbang. Analisis GAM juga berhasil dalam memprediksi potensi daerah tangkapan ikan terbang di perairan Selat Makassar. Kandungan klorofil-a digunakan untuk mengetahui kelimpahan fitoplankton dikemukakan oleh Chavez *et al* (2011); Lanz *et al* (2009); Pan *et al* (2012); Qu *et al* (2005); Yoder dan Kennely (2006) dan digunakan sebagai indikator distribusi makanan di suatu perairan (Chandran *et al.* 2009). Makanan yang melimpah ini menjadi daya tarik bagi ikan datang mencari makanan (Lanz *et al.* 2009).

Sedangkan suhu permukaan laut memberi dampak langsung pada aktivitas biologis (Chandran *et al.* 2009). Suhu permukaan laut juga mengatur fisiologi ikan, Solanki *et al* (2005a) dan digunakan sebagai indikator untuk daerah pengumpulan dan migrasi ikan (Santos 2000; Zainuddin 2011). Variasi kedua parameter tersebut menyebabkan variasi dalam distribusi dan kelimpahan ikan di suatu badan

perairan (Chandran et al. 2009; Musbir dan Fachruddin 2011; Osawa dan Julimantoro, 2010). Makanan yang cukup serta suhu permukaan laut yang nyaman menyebabkan ikan berkumpul dan melakukan aktivitas di daerah tersebut.

Kawasan potensi penangkapan ikan terbang berdasarkan analisis SI dan model GAM menunjukkan hasil yang konsisten. Secara umum, keduanya peta potensi yang dihasilkan menunjukkan wilayah tersebut dengan potensi Penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* tinggi di perairan Selat Makassar, kebanyakan ditemukan di sekitar pantai pada jarak 2-20 mil laut dari pantai. Area ini memiliki jangkauan konsentrasi klorofil-a $0,1304 - 0,2396 \text{ mg/m}^3$. Frekuensi penangkapan paling sering dilakukan di daerah dengan kisaran konsentrasi klorofil-a $0,1304 - 0,2396 \text{ mg/m}^3$ dan suhu permukaan laut $29,62 - 31,19^\circ\text{C}$. Kehadiran spesies ini dalam jumlah besar juga ditemukan pada kombinasi kedua wilayah tersebut ini.

5.5.4.1. Akurasi Peta Potensi Daerah Penangkapan Ikan

Dalam penelitian ini, penilaian akurasi peta potensi wilayah penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* di uji sejauh mana keakuratan model GAM yang disandingkan dengan 30 data simpan (hasil penangkapan) yang sebelumnya tidak digunakan dalam analisis pemodelan GAM. Data hasil tangkapan asli (data simpan) yang di diplot pada peta potensi penangkapan ikan terbang *Exocoetidae* tersebut sejalan dengan peta prediksi wilayah potensial penangkapan ikan terbang *Exocoetidae*. Hasil pengujian reliabilitas menunjukkan bahwa keakuratan area potensial penangkapan yang dihasilkan dengan metode analisis GAM dan data simpan memiliki korelasi yang baik dengan nilai statistik kappa kohen yakni 0,730 (Landis dan Koch, 1977; Altman, 1991). Penilaian akurasi ini juga menunjukkan kemampuan model dalam melakukan prediksi wilayah potensial penangkapan ikan

terbang *Exocoetidae* di Selat Makassar. Penelitian menunjukkan hasil dari integrasi teknologi penginderaan jarak jauh, analisis statistik dan teknik GIS dalam penentuan daerah potensial serta prediksi wilayah potensial ikan terbang *Exocoetidae* di Selat Makassar.

5.5.6. Analisis *Upwelling* sebagai penentuan Area Potensial Penangkapan Ikan Terbang *Exocoetidae*.

Berdasarkan hasil analisis spasial dengan parameter klorofil-a, Suhu permukaan laut serta posisi penangkapan (data simpan) bahwa fenomena *upwelling* di Selat Makassar ditemukan hampir setiap bulan dengan intensitas dan wilayah yang berbeda-beda. Hasil analisis *upwelling* yang di plot bersama data simpan ditemukan pada peta 1 Januari hingga 8 Januari 2019 dan 18 Februari hingga 25 Februari 2019 lokasi penangkapan berada pada wilayah *upwelling* yang sangat lemah dengan hasil tangkapan lapangan 36 kg dan 45 kg., pada tanggal 17 Mei hingga 24 Mei 2019 dan 16 Juni hingga 28 Juni 2019 posisi penangkapan berada pada prediksi *upwelling* lemah dengan hasil tangkapan lapangan 43 kg dan 34 kg. Sedangkan *upwelling* kuat diperoleh pada peta 17 Mei hingga 24 Mei dengan hasil tangkapan 48 kg.

Keberadaan daerah *upwelling* di Selat Makassar ditetapkan sebagai indikator kesuburan yang berpengaruh terhadap habitat atau ekosistem ikan terbang. Informasi tentang daerah *upwelling* di Selat Makassar yang terjadi setiap musim timur dengan luas sekitar 48.000 km² telah dilaporkan oleh beberapa peneliti (Wirtky, 1960; Ilahude dan Birowo, 1975; Nontji, 1987). Ekosistem *upwelling* ini menjadi daerah pemijahan (*spawning ground*), daerah asuhan (*nursery ground*), dan daerah penangkapan (*fishing ground*) ikan terbang karena merupakan daerah yang subur dan kaya makanan (Nessa *et al.* 1977 dan Ali, 1983) Di Selat Makassar di sekitar perairan Majene dan Polewali Mandar daerah

upwelling sebagai daerah pemijahan telah dilakukan penempatan bale-bale dan dijaga selama 10 hingga 15 hari agar ikan terbang dapat melekatkan telurnya pada bale-bale dan dapat menetas dengan aman.

5.5.7. Kawasan Potensi Penangkapan Ikan terbang Terbang *Exocoetidae* Berdasarkan Analisis *Upwelling*

a. Fenomena *upwelling* mingguan terhadap hasil tangkapan harian

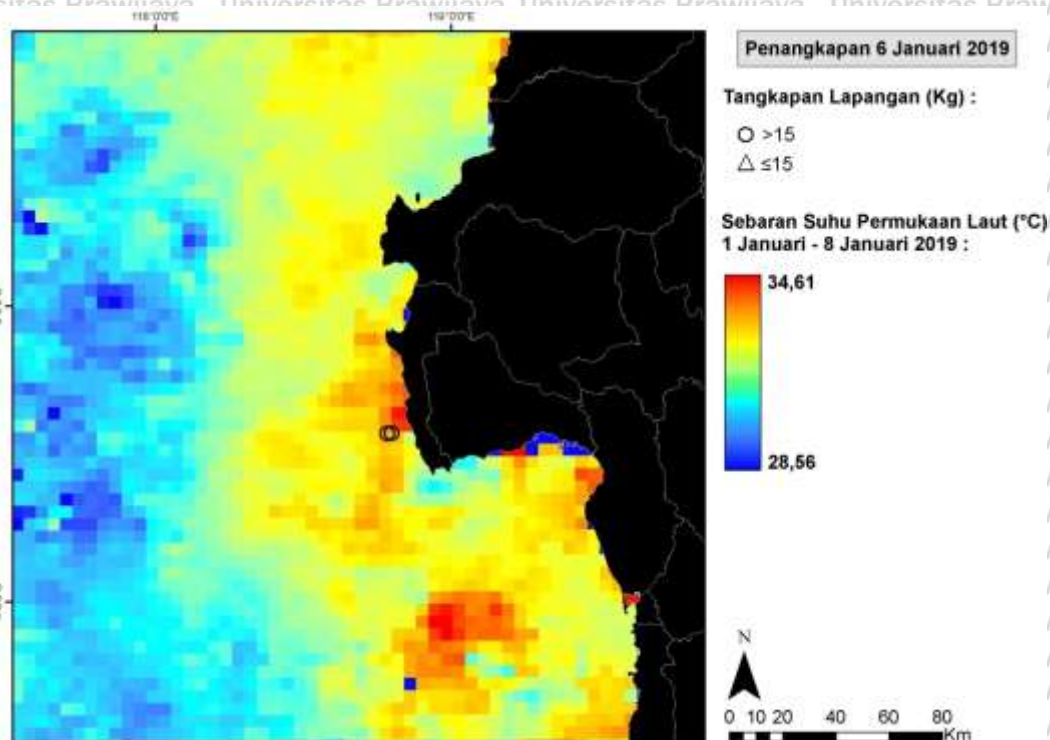
Fenomena *upwelling* penting untuk dipahami karena berkaitan dengan konservasi juga eksplorasi sumber daya kelautan. Beberapa aspek penting *upwelling* terkait lokasi awal dan akhir secara temporal, kekuatan dan luas wilayah *upwelling* ditinjau dari segi ekologi merupakan proses pemupukan lingkungan secara alami. Dengan proses *upwelling* lingkungan laut yang tidak subur menjadi subur karena proses tersebut akan meningkatkan kadar unsur hara yang berguna untuk pertumbuhan fitoplankton sebagai penghasil utama sumber makanan di laut (Trujillo dan Thurman, 2017). Area *upwelling* umumnya merupakan tempat bertelur dan berkembang biak bagi berbagai jenis ikan (Forsbergh, 1964; Wooster dan Reid, 1963; Yahya 2006)

Eksplorasi wilayah perikanan dan kelautan dalam memahami wilayah *upwelling* untuk membantu menentukan daerah *fishing ground* (area penangkapan ikan). Daerah *upwelling* umumnya memiliki tingkat produktivitas perikanan yang lebih tinggi daripada area lainnya (Miller dan Wheeler, 2012; Hendiarti *et al*, 2004; Trujillo dan Thurman, 2017). Beberapa hasil penelitian membuktikan area *upwelling* memiliki produktivitas perikanan yang tinggi, Patel *et al* (2020) menemukan bahwa di daerah tersebut terjadi proses *upwelling* dengan karakter suhu permukaan laut yang lebih rendah dari lingkungan sekitarnya dan tingkat klorofil-a yang lebih tinggi konsentrasi ternyata memiliki hasil tangkapan yang tinggi. Ali (2005); Zainuddin (2011); Naulita *et al* (2020), telah membuktikan adanya korelasi yang signifikan antara peristiwa *upwelling* dengan munculnya ikan

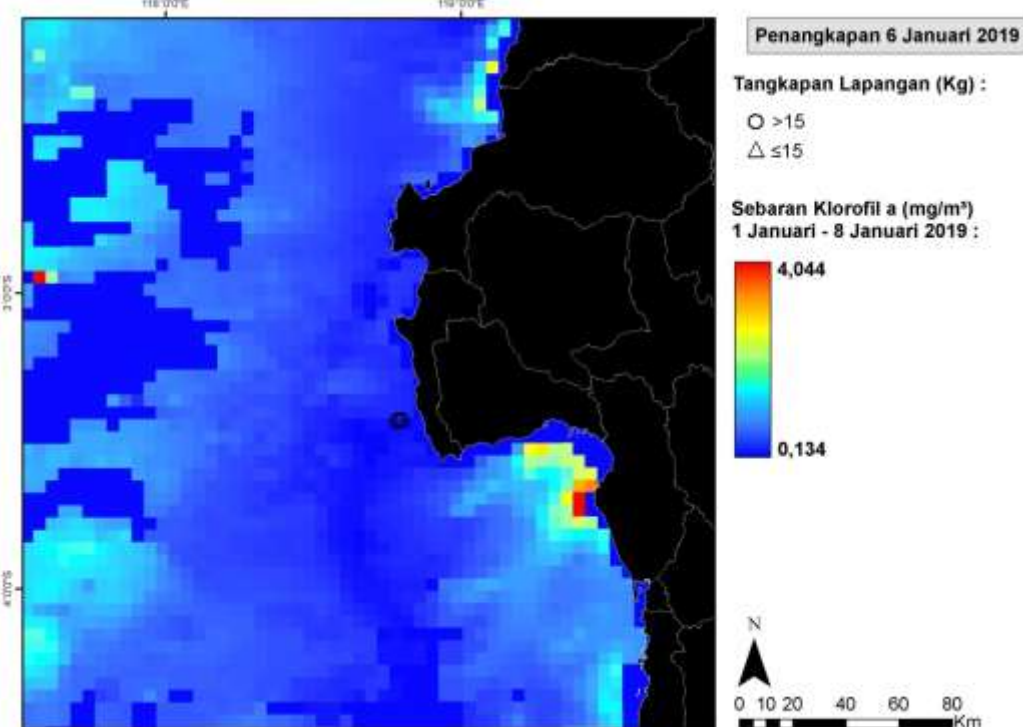
terbang, *sardinella* dan cumi-cumi. Forsbergh (1964) melaporkan bahwa produktivitas perikanan di daerah *upwelling* lebih tinggi daripada daerah non-*upwelling*.

Berdasarkan beberapa hasil penelitian diatas dengan jelas mengungkapkan keberadaan, waktu dan kekuatan *upwelling* adalah masalah penting. Pemahaman ada tidaknya *upwelling* bisa dilakukan dengan melihat indikator *upwelling* termasuk suhu permukaan laut dan klorofil-a, Widya *et al* (2020); Patel *et al* (2020); Huang *et al* (2021); Kunarso *et al* (2020) semua referensi di atas menjelaskan bahwa *upwelling* dapat diketahui dari suhu permukaan laut (SPL) yang lebih rendah dari lingkungan sekitarnya, dan klorofil-a lebih tinggi dari daerah sekitarnya.

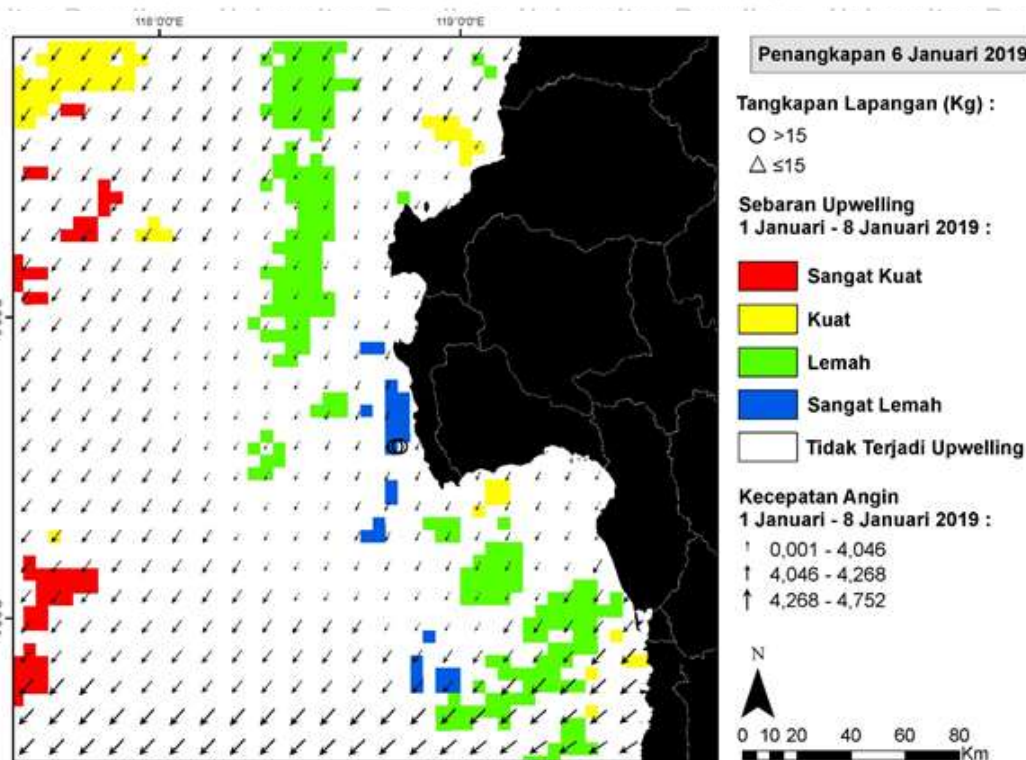
Citra Aqua MODIS level 3 dalam format *nc berupa data mingguan dari tahun 2019 dengan resolusi spasial 4 km. Data mingguan suhu permukaan laut dan klorofil-a di perairan Selat Makassar selama penelitian dikompilasi untuk mendapatkan gambaran tentang pola sebaran *upwelling* yang kemudian disandingkan dengan hasil tangkapan pada hari tertentu. Secara spasial pola sebaran suhu permukaan laut, klorofil-a dan *upwelling* terlihat berbeda setiap minggu.



Gambar 56. Sebaran suhu permukaan laut tanggal 1 hingga 8 Januari 2019



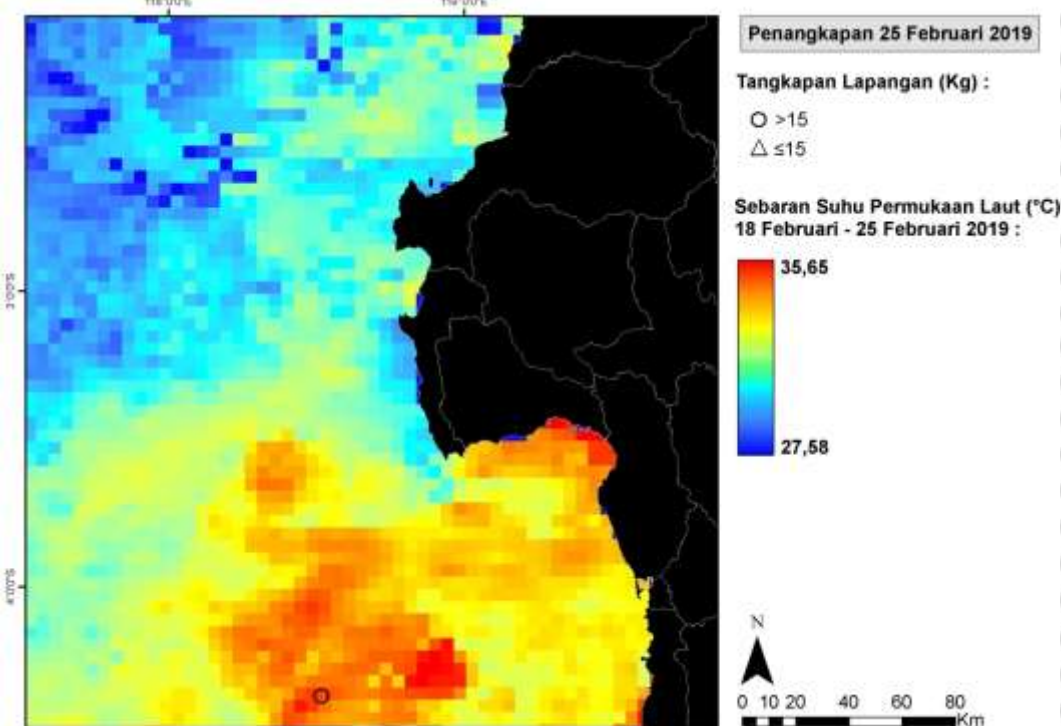
Gambar 57. Sebaran konsentrasi klorofil-a tanggal 1 hingga 8 Januari 2019



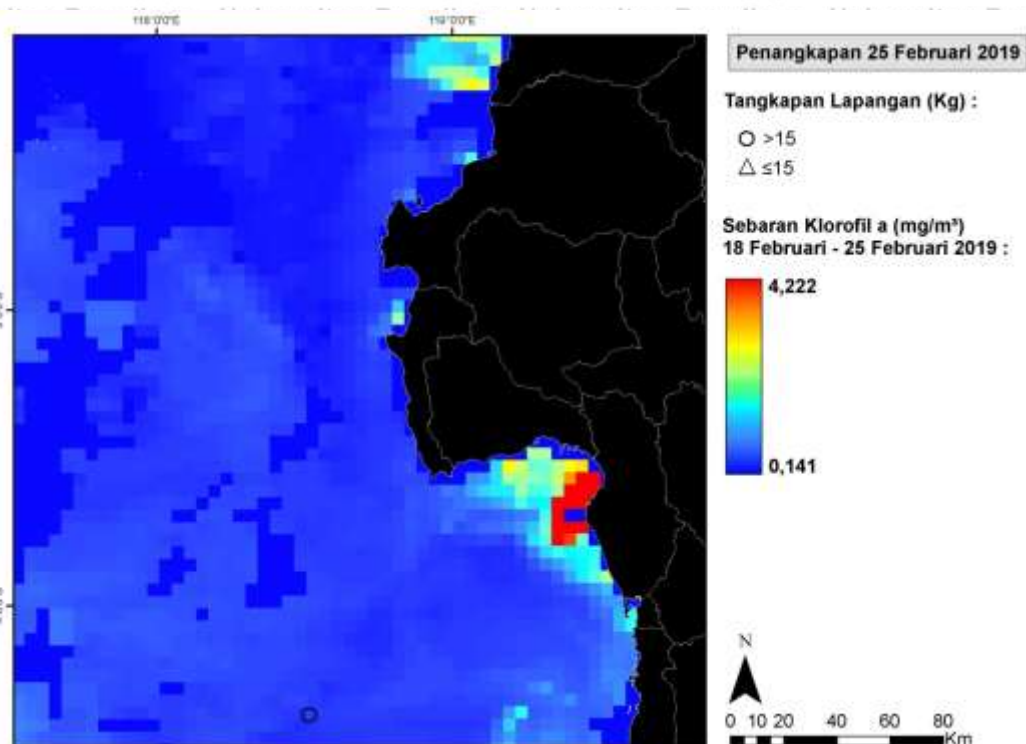
Gambar 58. Peta prediksi sebaran *upwelling* Selat Makassar pada tanggal 1 hingga 8 Januari 2019.

Gambar 56 menjelaskan sebaran suhu permukaan laut pada tanggal 1 hingga 8 Januari di bagian utara dan timur berwarna kuning dan merah menunjukkan suhu yang lebih panas. Sedangkan di bagian barat berwarna biru dan biru muda dengan suhu dingin. Pada minggu ini diperoleh konsentrasi suhu permukaan laut berkisar antara 28,56 - 34,61°C. Gambar 57 menjelaskan sebaran klorofil-a pada tanggal 1 hingga 8 Januari menunjukkan kandungan yang rendah pada bagian barat dan utara yang berwarna biru dibandingkan dengan kandungan klorofil-a tinggi yang berwarna kuning dan merah pada bagian timur. Pada minggu ini diperoleh konsentrasi klorofil-a berkisar antara 0,134 - 4,044 mg/m³. Kenaikan kandungan klorofil-a dan rendahnya suhu permukaan laut pada bagian utara dan selatan mengakibatkan terjadinya *upwelling* pada tanggal 1 hingga 8 Januari dengan intensitas lemah dan cakupan wilayah yang luas. Fenomena *upwelling* sangat kuat terjadi pada daerah terluar jauh dari wilayah pantai, sedangkan

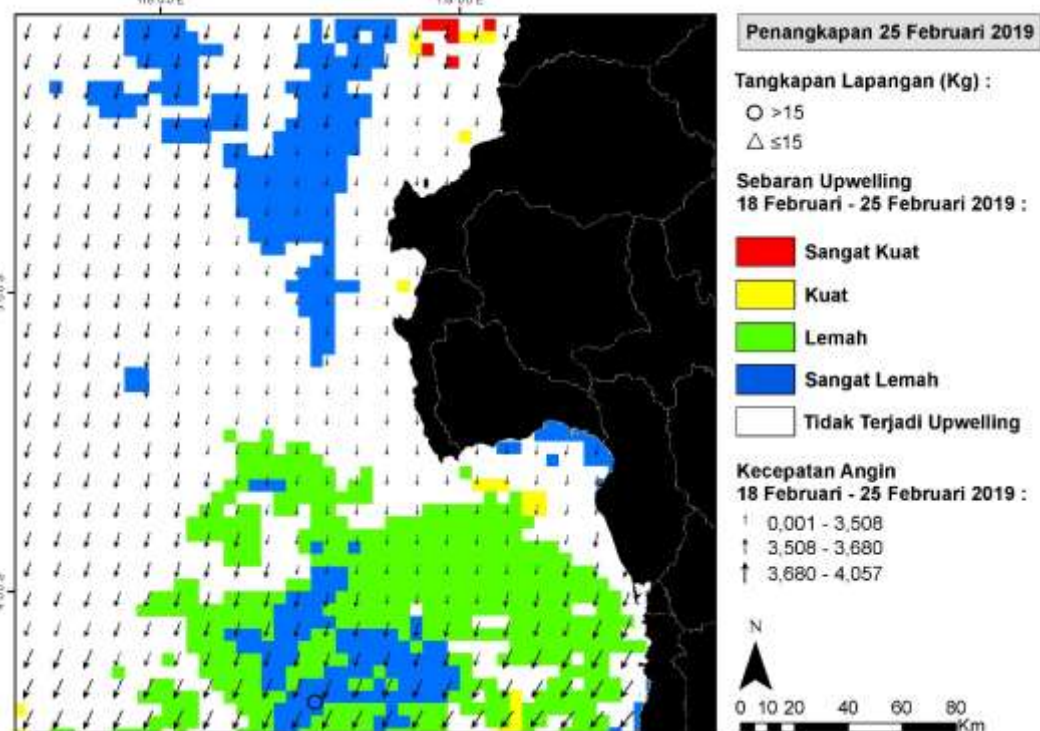
kegiatan penangkapan yang dilakukan oleh para nelayan penangkap ikan terbang berada pada fenomena *upwelling* yang sangat lemah. Fenomena *upwelling* yang kuat terjadi pada daerah barat karena arah angin dari timur laut bertiup ke arah barat daya, sehingga mempengaruhi arah arus perairan selat Makassar.



Gambar 59. Sebaran suhu permukaan laut tanggal 18 hingga 25 Februari 2019



Gambar 60. Sebaran klorofil-a tanggal 18 hingga 25 Februari 2019

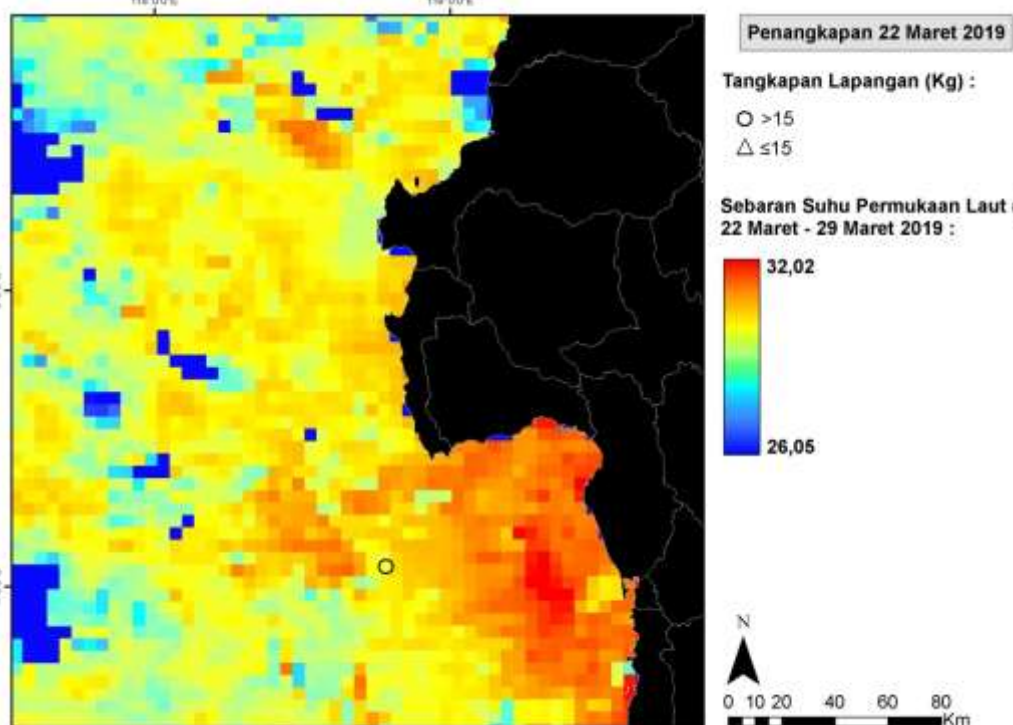
Gambar 61. Peta prediksi sebaran *upwelling* Selat Makassar pada tanggal 18 hingga 25 Februari 2019

Gambar 59 menjelaskan sebaran suhu permukaan laut pada tanggal 18 hingga 25

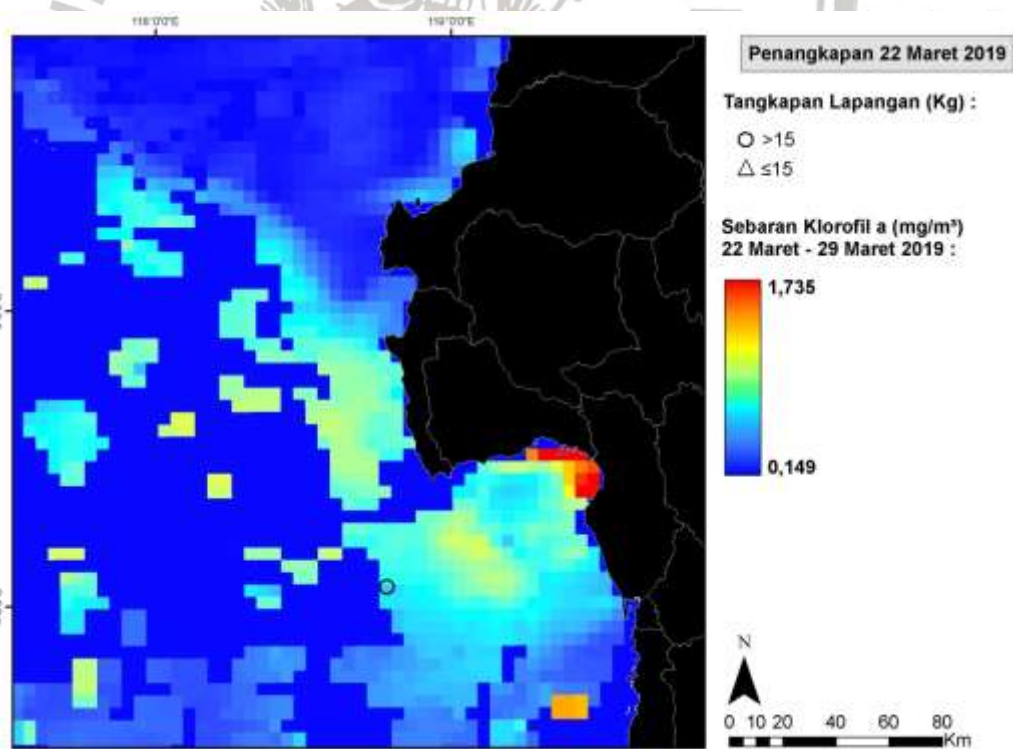
Februari di bagian utara berwarna biru menunjukkan suhu dingin, sedangkan di bagian selatan berwarna kuning dan orange dengan suhu panas (tinggi). Pada minggu ini diperoleh konsentrasi suhu permukaan laut berkisar antara 27,58 - 35,65°C. Gambar 60 menjelaskan sebaran klorofil-a pada tanggal 18 hingga 25

Februari menunjukkan kandungan yang rendah hampir di semua wilayah penelitian berwarna biru dengan kandungan klorofil rendah. Pada minggu ini diperoleh konsentrasi klorofil-a berkisar antara 0,141 - 4,222 mg/m³. Pada tanggal 18

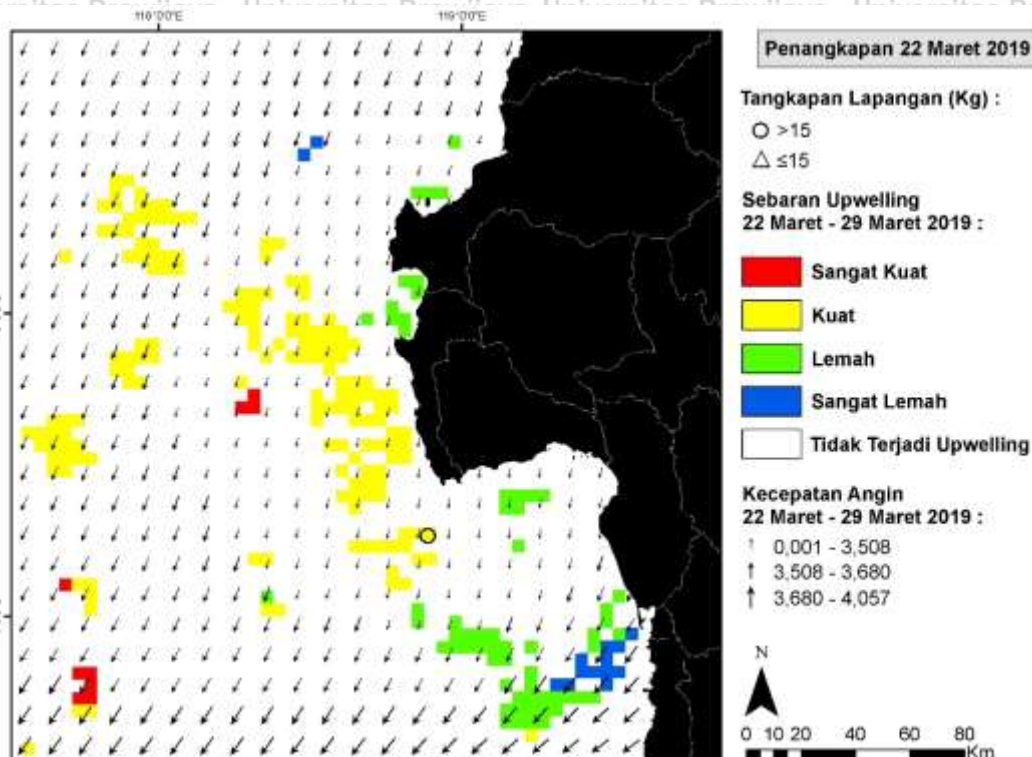
hingga 25 Februari *upwelling* terjadi dengan intensitas lemah dan sangat lemah berada di bagian utara dan selatan Selat Makassar dengan cakupan wilayah yang cukup luas. Fenomena *upwelling* sangat kuat terjadi pada daerah dekat pantai di utara, sedangkan kegiatan penangkapan yang dilakukan oleh para nelayan penangkap ikan terbang berada pada fenomena *upwelling* yang sangat lemah. Fenomena *upwelling* yang kuat diikuti dengan kecepatan angin yang kuat dengan bertiup dari arah utara timur laut ke selatan barat daya. Sebaran fenomena *upwelling* yang lemah menyebar pada ke arah selatan, hal ini sesuai dengan kecepatan angin yang tidak kuat.



Gambar 62. Sebaran suhu permukaan laut tanggal 22 hingga 29 Maret 2019



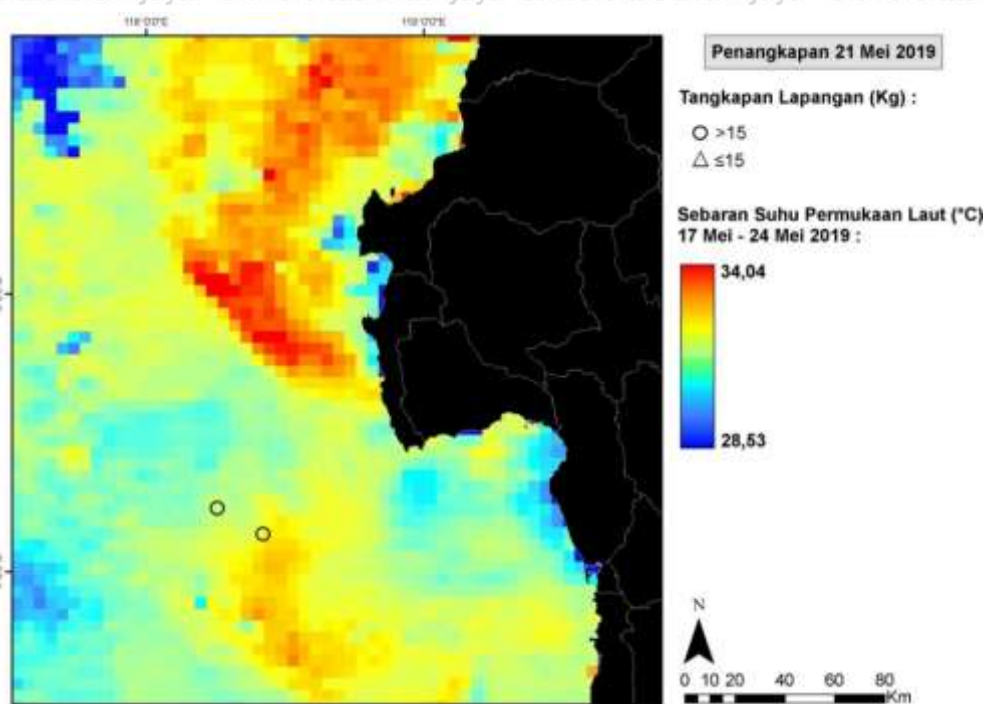
Gambar 63. Sebaran konsentrasi klorofil-a tanggal 22 hingga 29 Maret 2019



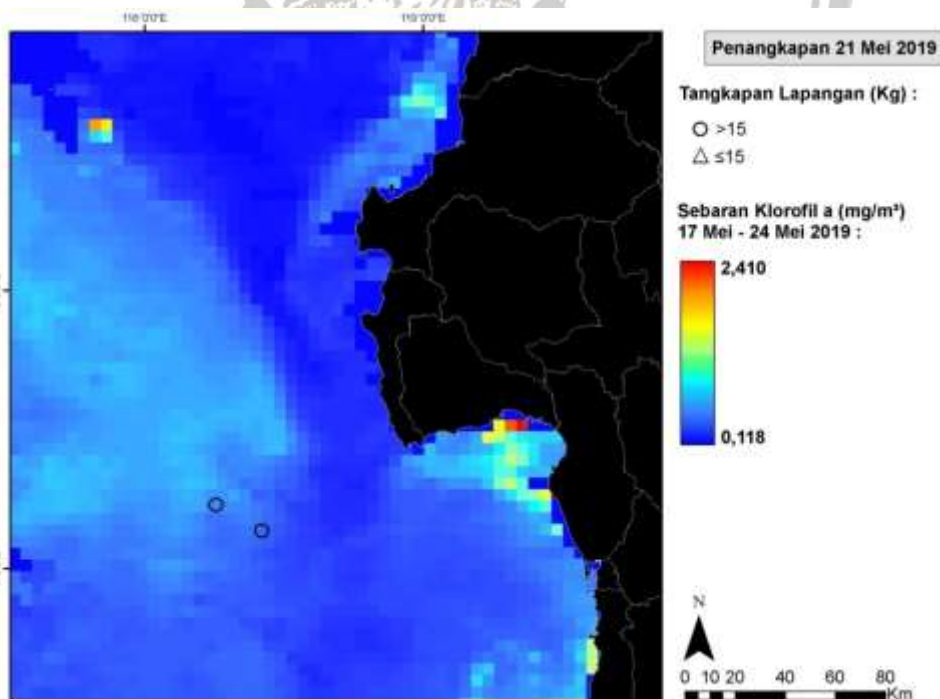
Gambar 64. Peta prediksi sebaran *upwelling* Selat Makassar pada tanggal 22 hingga 29 Maret 2019

Gambar 62 menjelaskan sebaran suhu permukaan laut pada tanggal 22 hingga 29 Maret di bagian utara berwarna biru menunjukkan suhu dingin, sedangkan di bagian selatan berwarna kuning dan orange dengan suhu panas (tinggi). Pada minggu ini diperoleh konsentrasi suhu permukaan laut berkisar antara 26,05 – 32,02°C. Gambar 63 menjelaskan sebaran klorofil-a pada tanggal 22 hingga 29 Maret menunjukkan kandungan yang rendah hampir di semua wilayah penelitian berwarna biru dengan kandungan klorofil rendah. Pada minggu ini diperoleh konsentrasi klorofil-a berkisar antara 0,149 - 1,735 mg/m³. Pada tanggal 22 hingga 29 Maret *upwelling* terjadi dengan intensitas kuat berada di wilayah pesisir Selat Makassar dengan cakupan wilayah yang sempit. Fenomena *upwelling* kuat terjadi mulai pada daerah dekat pantai hingga 80 km jauh dari pantai ke barat dan selatan, sedangkan kegiatan penangkapan yang dilakukan oleh para nelayan penangkap ikan terbang berada pada fenomena *upwelling* yang

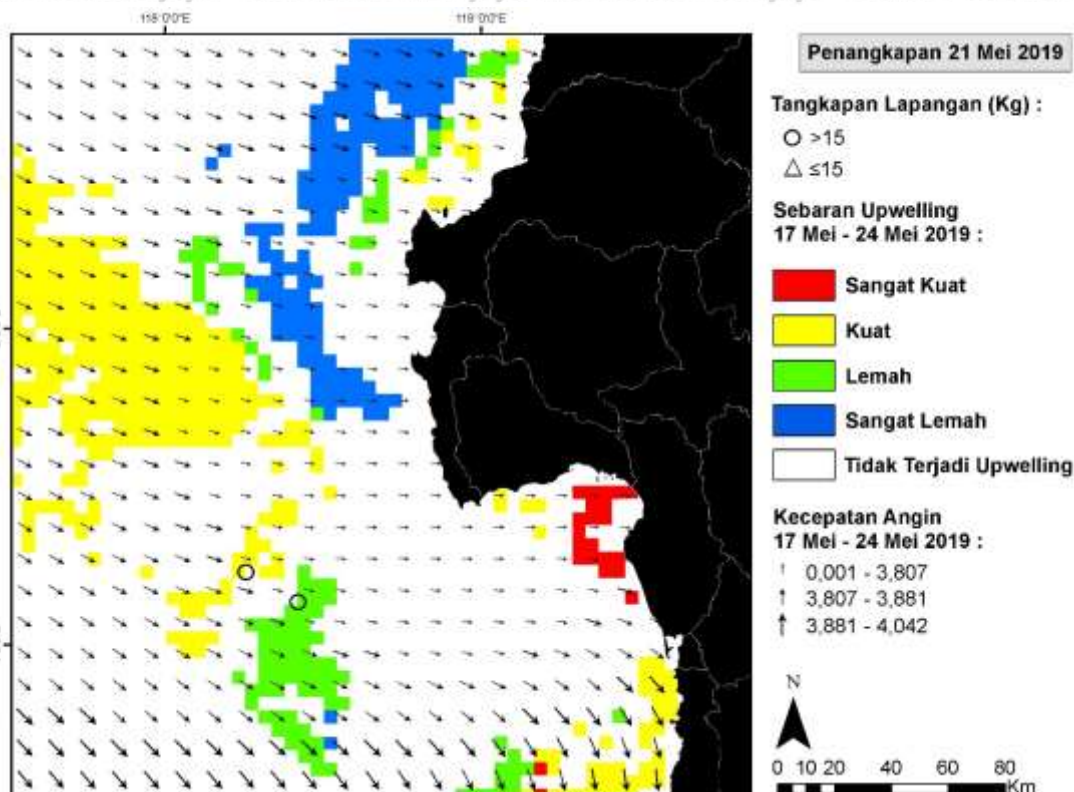
kuat, Fenomena *upwelling* yang kuat diikuti dengan kecepatan angin yang kuat dengan bertiup dari arah utara timur laut ke barat daya.



Gambar 65. Sebaran suhu permukaan laut 17 hingga 24 Mei 2019



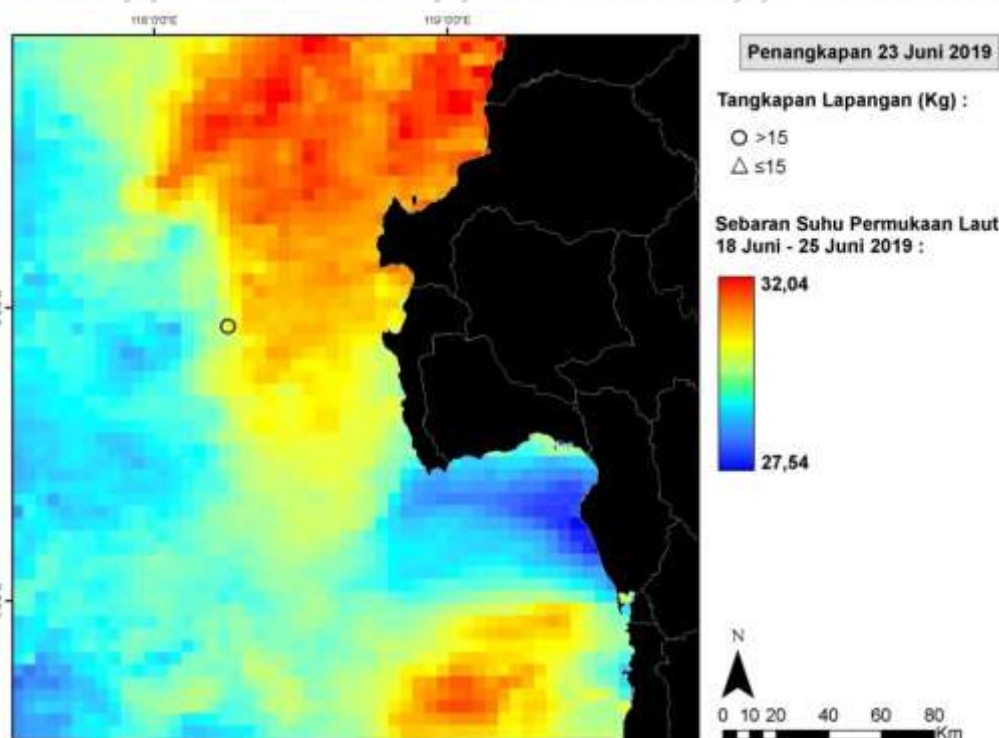
Gambar 66. Sebaran konsentrasi klorofil-a 17 hingga 24 Mei 2019



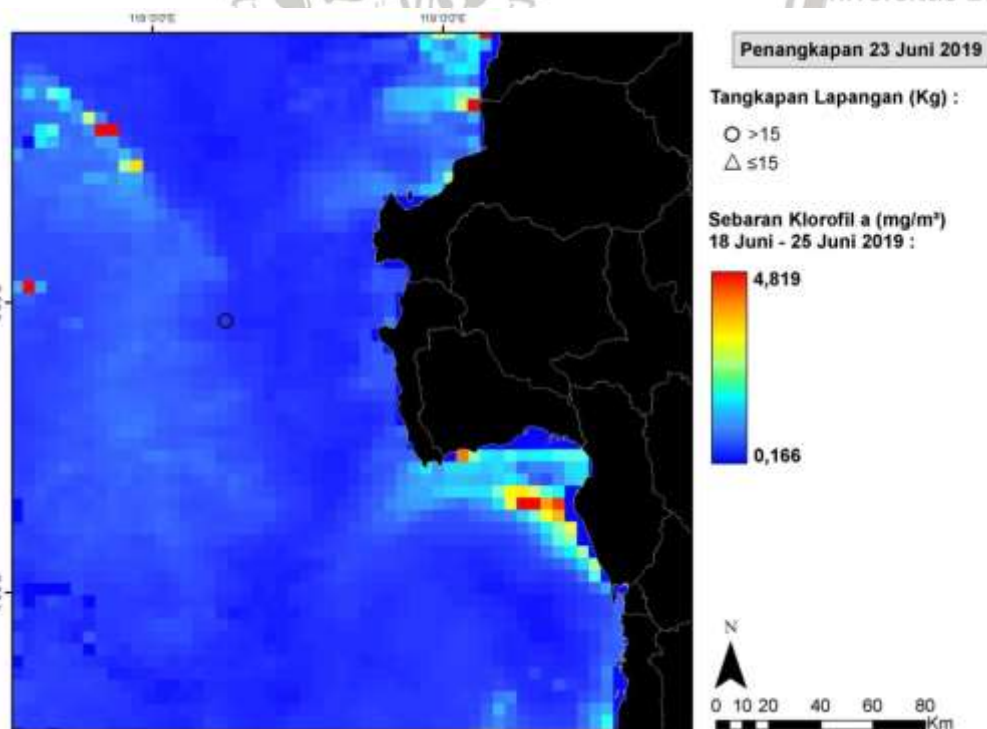
Gambar 67. Peta prediksi sebaran *upwelling* Selat Makassar pada tanggal 17 hingga 24 Mei 2019

Gambar 65 menjelaskan sebaran suhu permukaan laut pada tanggal 17 hingga 24 Mei diperoleh konsentrasi suhu permukaan laut berkisar antara 28,53 – 34,04°C. Gambar 66 menjelaskan sebaran klorofil-a pada tanggal 17 hingga 24 Mei menunjukkan kandungan yang rendah hampir di semua wilayah penelitian berwarna biru dengan konsentrasi klorofil-a rendah. Pada minggu ini diperoleh konsentrasi klorofil-a berkisar antara 0,118 – 2,410 mg/m³. Pada tanggal 17 hingga 24 Mei *upwelling* terjadi dengan intensitas lemah dan kuat berada di wilayah Selat Makassar dengan cakupan wilayah yang cukup luas. Fenomena *upwelling* kuat terjadi mulai pada daerah dekat pantai selatan dan menjauh dari garis pantai ke barat, sedangkan kegiatan penangkapan yang dilakukan oleh para nelayan penangkap ikan terbang berada pada fenomena *upwelling* yang kuat dan

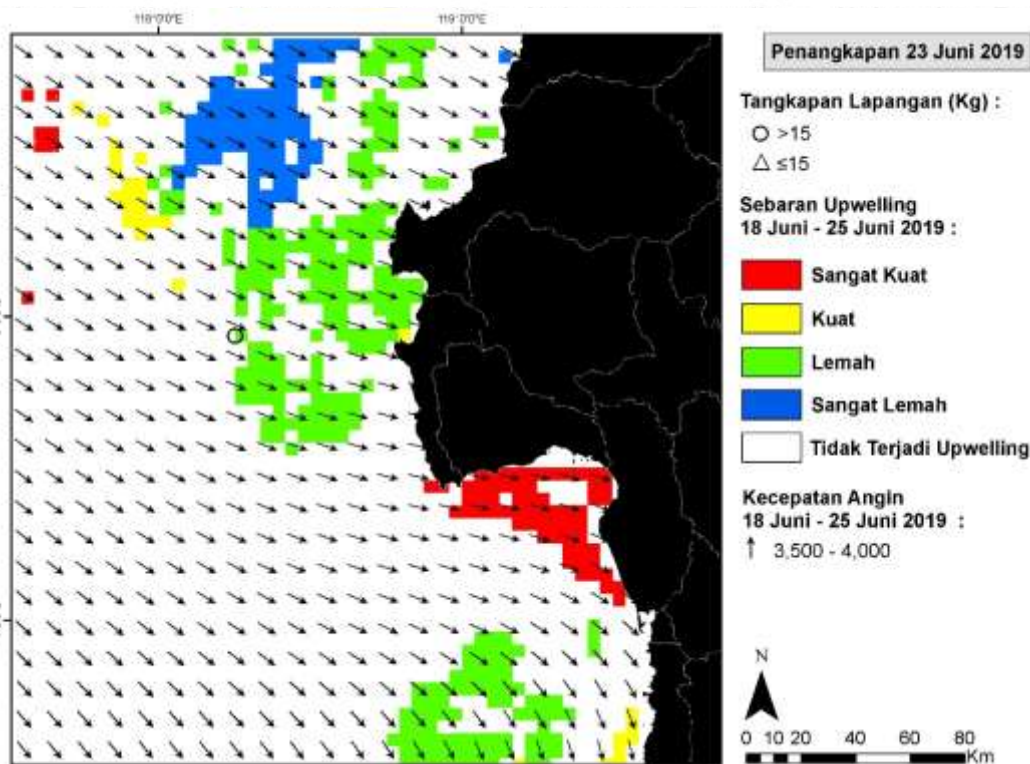
lemah, Fenomena *upwelling* yang kuat di daerah pantai selatan diikuti dengan kecepatan angin yang kuat yang bertiup dari barat laut ke arah tenggara.



Gambar 68. Sebaran suhu permukaan laut tanggal 18 hingga 25 Juni 2019



Gambar 69. Sebaran konsentrasi klorofil-a tanggal 18 hingga 25 Juni 2019



Gambar 70. Peta prediksi sebaran *upwelling* Selat Makassar pada tanggal 18 hingga 25 Juni 2019

Gambar 68 menjelaskan sebaran suhu permukaan laut pada tanggal 18 hingga 25 Juni diperoleh suhu permukaan laut berkisar antara 27,54 – 32,04°C.

Gambar 69 menjelaskan sebaran konsentrasi klorofil-a pada tanggal 18 hingga 25 juni menunjukkan konsentrasi yang rendah hampir di semua wilayah penelitian berwarna biru dengan konsentrasi klorofil-a rendah. Pada minggu ini diperoleh konsentrasi klorofil-a berkisar antara 0,166 – 4,819 mg/m³. Pada tanggal 18 hingga 25 Juni *upwelling* terjadi dengan intensitas lemah dan sangat lemah berada di bagian selatan Selat Makassar dengan cakupan wilayah yang cukup luas.

Fenomena *upwelling* kuat terjadi pada daerah menjorok dekat pantai, sedangkan kegiatan penangkapan yang dilakukan oleh para nelayan penangkap ikan terbang berada pada fenomena *upwelling* yang lemah, fenomena *upwelling* yang kuat diikuti dengan arah angin yang kuat dengan bertiup dari arah barat laut ke

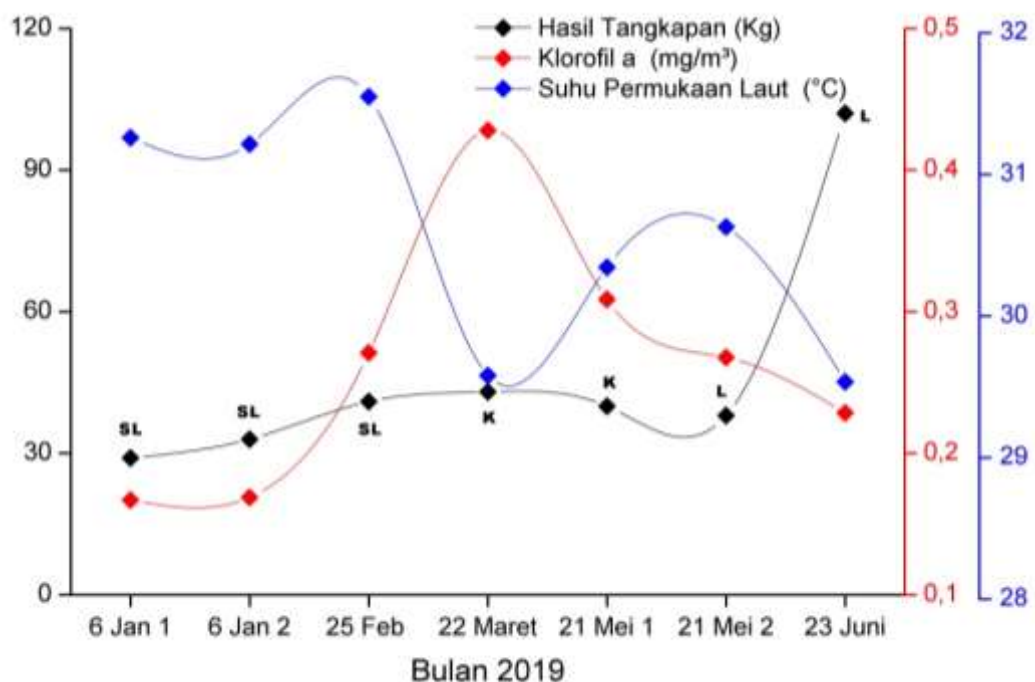
timur tenggara dan tenggara. Kecepatan angin pada minggu ini rata-rata terjadi secara konstan yaitu 3.500-4.000 m/s

Grafik multi temporal klorofil-a, suhu permukaan laut yang menunjukkan fenomena *upwelling* pada minggu tertentu (Gambar 71) menunjukkan adanya korelasi terhadap hasil tangkapan ikan terbang pada hari tertentu. Warna merah menunjukkan sebaran kandungan klorofil-a, warna biru menunjukkan sebaran kandungan suhu permukaan laut dan warna hitam menunjukkan hasil tangkapan (kg). Dapat dilihat pada Gambar 71 bahwa fenomena *upwelling* ditunjukkan

dengan garis terbalik dimana konsentrasi klorofil-a tinggi sedangkan suhu permukaan laut rendah, suhu permukaan yang rendah diakibatkan oleh suhu air yang dingin dari bawah lautan naik ke atas permukaan, Fenomena *upwelling* terjadi diawali gerakan angin mendorong arus air di permukaan atas yang hangat, dorongan ini memiliki energi yang memindahkan air atau bergerak searah dengan pola angin, energi perpindahan ini terjadi hingga ke lapisan bawah atau dalam (*transport ekman*), dan menyebabkan pada tiap lapisan mengalami kekosongan yang akhirnya air dari tiap lapisan bawah terangkat naik.

Berdasarkan Gambar 71, fenomena *upwelling* terjadi pada minggu ke empat bulan Maret dengan intensitas kuat dan diikuti jumlah tangkapan ikan terbang yang tinggi dan *upwelling* lemah ditemukan pada bulan Januari diikuti dengan hasil tangkapan ikan terbang yang rendah, namun ditemukan juga hasil tangkapan ikan terbang yang sangat tinggi pada *upwelling* lemah yakni pada minggu ke 3 bulan Juni, hal ini ditunjukkan dengan suhu permukaan laut yang dingin dan konsentrasi klorofil-a yang rendah. Fenomena *upwelling* pada minggu ketiga Bulan Juni dapat dijelaskan secara baik dari hasil analisis fenomena *upwelling* tiap bulannya di tahun 2019, dimana bulan Juni konsentrasi klorofil-a rendah dan konstan yang dimulai pada bulan Mei hingga September, dugaan

fenomena ini terkait dengan kekuatan arah angin, ketersediaan unsur hara seperti nitrat dan fosfat, yang pada gilirannya akan digunakan untuk pertumbuhan fitoplankton sebagai awal rantai makanan. Adapun ikan yang tinggi hal ini disebabkan karena migrasi ikan terbang dari perairan utara ke perairan selatan Selat Makassar pada bulan-bulan tertentu dengan melimpah.

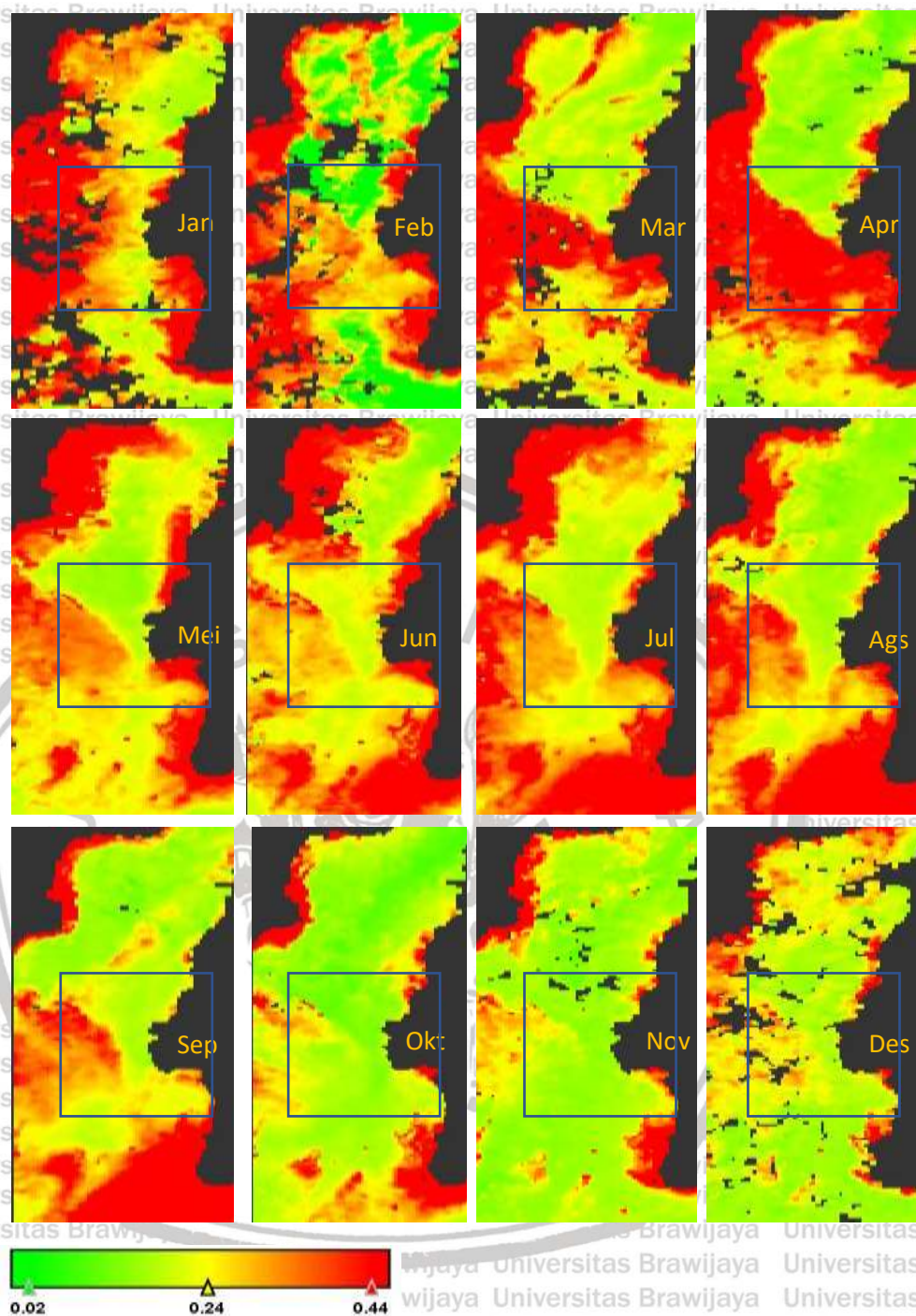


Gambar 71. Grafik multitemporal konsentrasi klorofil-a, suhu permukaan laut dan hasil tangkapan.

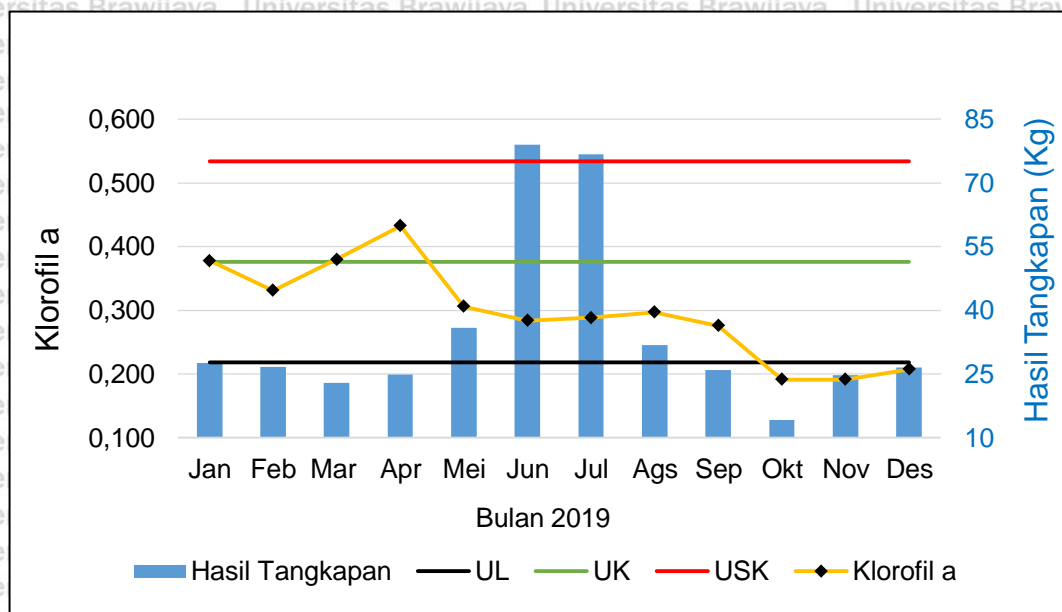
b. Fenomena *Upwelling* bulanan terhadap hasil tangkapan bulanan

Konsentrasi klorofil-a berdasarkan lokasi tangkapan ikan terbang tahun 2019

Periode fenomena *upwelling* berdasarkan konsentrasi klorofil-a di lokasi penangkapan ikan terbang perairan Selat Makassar dibagi 4 kategori *upwelling* yakni sangat kuat, kuat, lemah dan sangat lemah.



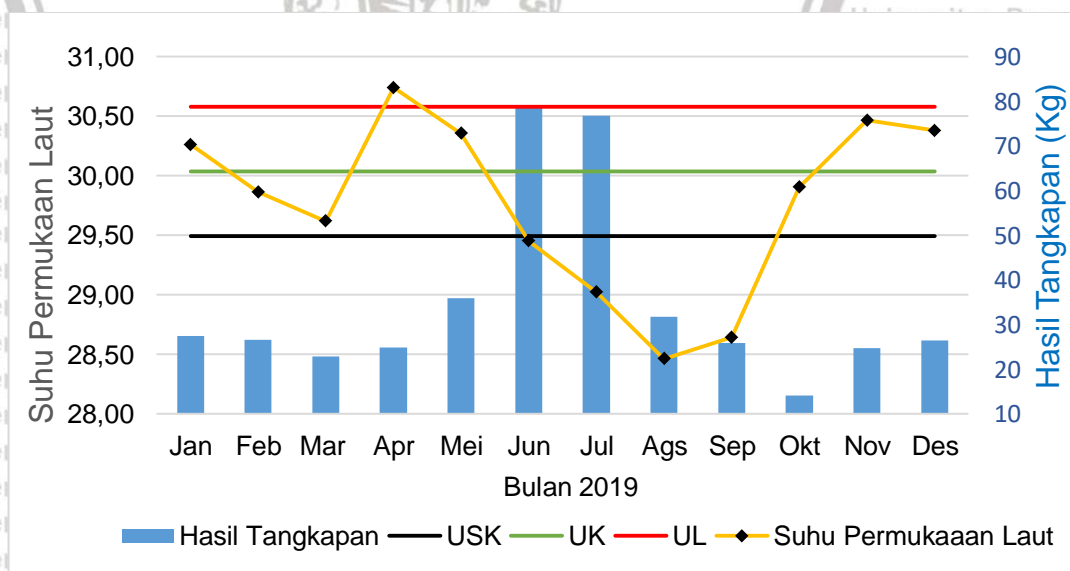
Gambar 72. Konsentrasi klorofil-a berdasarkan lokasi tangkapan ikan terbang tahun 2019



Gambar 73. Grafik Kriteria Upwelling Berdasarkan Klorofil-a

Kriteria *upwelling* terjadi pada bulan April, Maret, dan Januari. *upwelling* lemah terjadi pada bulan Februari, kemudian terjadi cukup panjang pada bulan Mei hingga September, hasil analisis tidak ditemukan fenomena *upwelling* yang sangat kuat di wilayah lokasi penelitian.

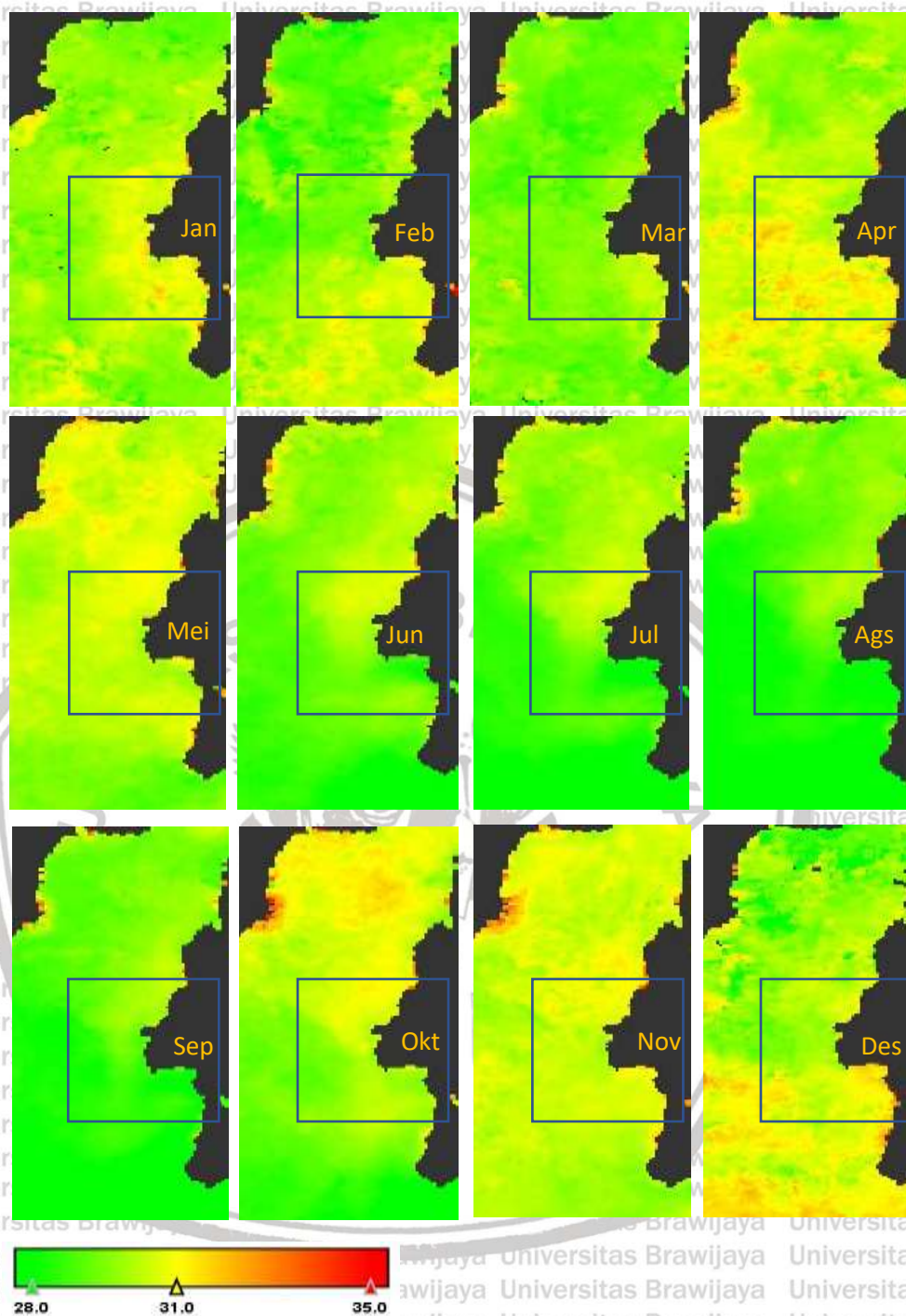
Suhu permukaan laut berdasarkan lokasi tangkapan ikan terbang tahun 2019



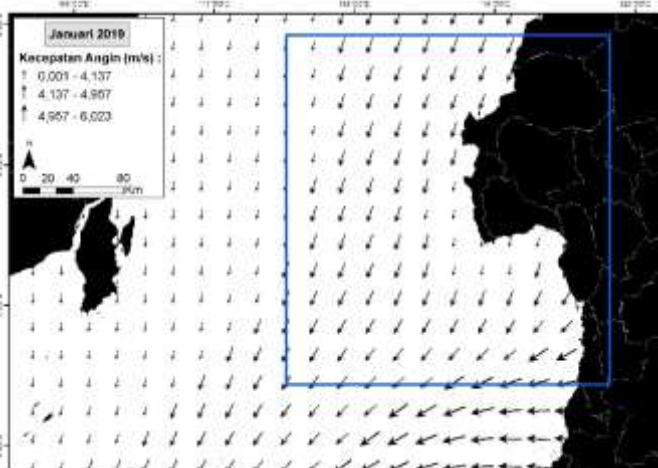
Gambar 74. Kriteria *upwelling* berdasarkan suhu permukaan laut

Hasil analisis kriteria *upwelling* sangat kuat berdasarkan suhu permukaan laut terjadi cukup panjang yakni pada bulan Juni hingga September, *upwelling* kuat terjadi pada bulan Februari, Maret, dan Oktober, kemudian *upwelling* lemah terjadi pada bulan Januari, Mei, November dan Desember. Periode fenomena *upwelling* berdasarkan suhu permukaan laut di lokasi penangkapan ikan terbang perairan Selat Makassar dibagi 4 kategori *upwelling* yakni sangat kuat, kuat, lemah dan sangat lemah.

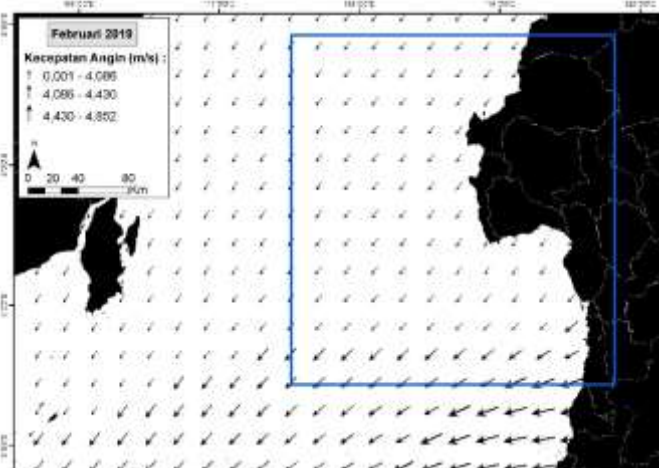




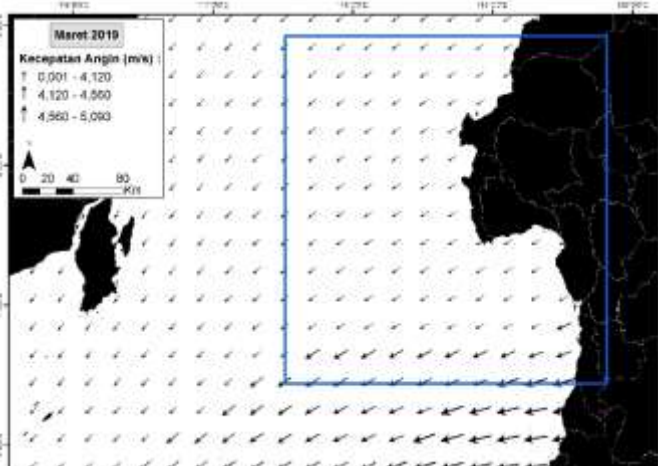
Gambar 75. Konsentrasi suhu permukaan laut berdasarkan lokasi tangkapan ikan terbang tahun 2019



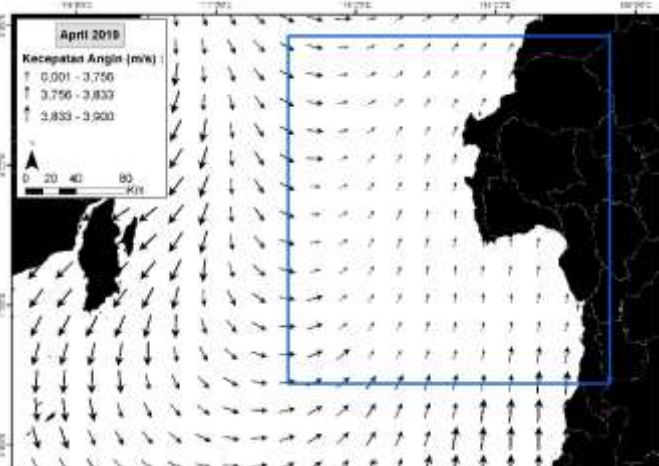
Januari 2019



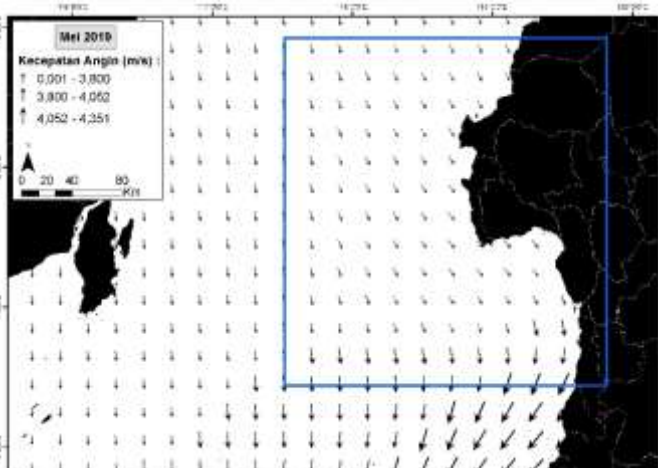
Februari 2019



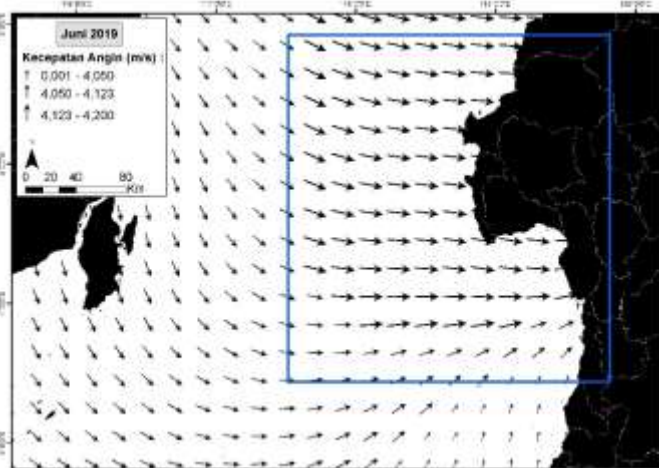
Maret 2019



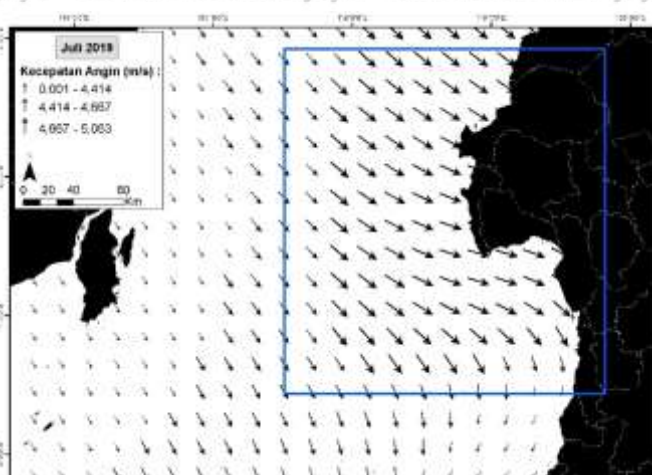
April 2019



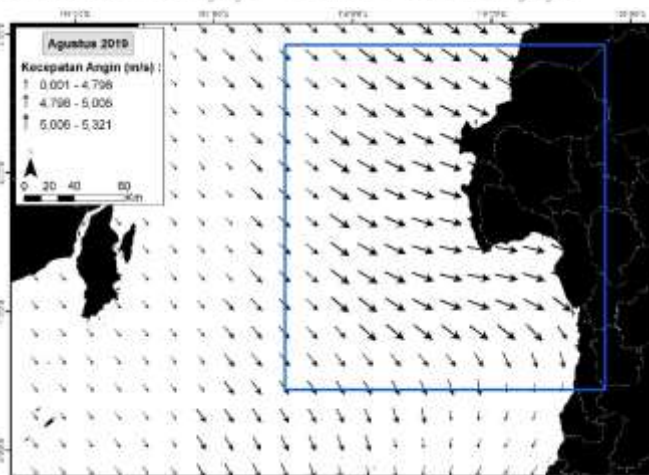
Mei 2019



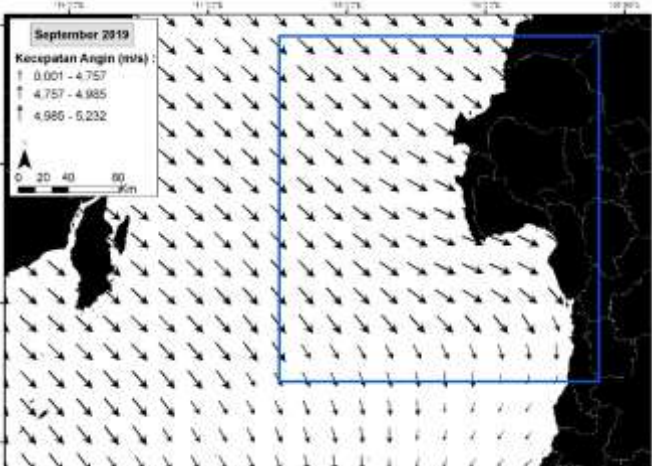
Juni 2019



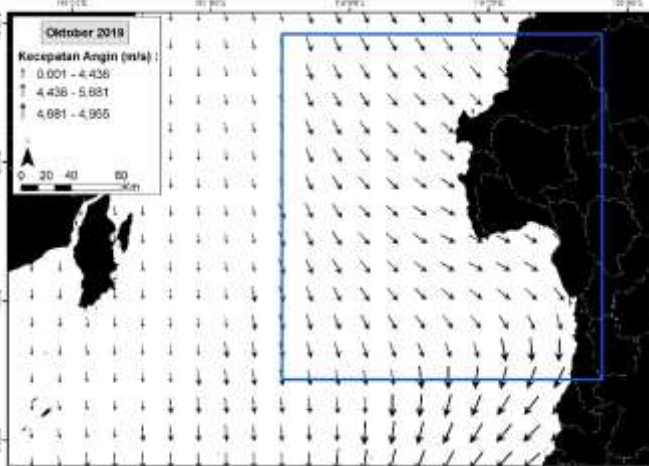
Juli 2019



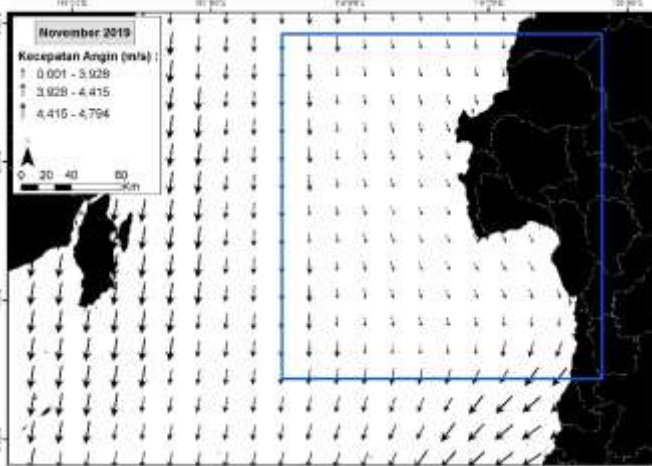
Agustus 2019



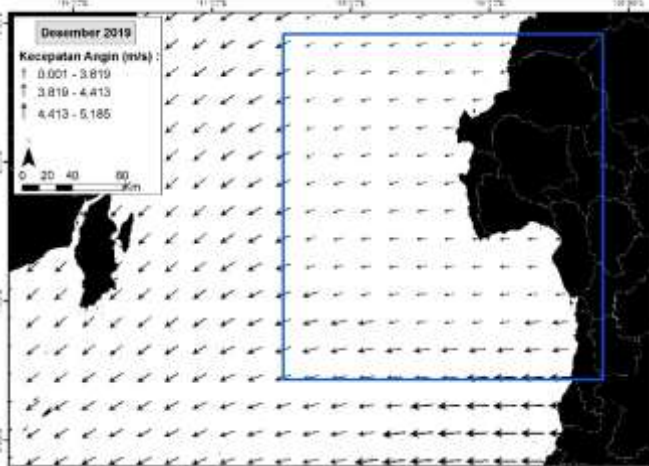
September 2019



Oktober 2019



November 2019



Desember 2019

Gambar 76. Arah dan kecepatan angin selama tahun 2019

Hasil analisis arah dan kecepatan angin selama tahun 2019 terjadi beberapa pola yakni pada bulan Desember hingga Maret bergerak dari timur hingga utara timur laut ke selatan barat daya dan barat daya dengan kecepatan antara 3,819 – 6,023 m/s, pada bulan April terjadi gerakan angin bertiup dari utara barat laut ke arah selatan, kemudian angin bergerak kembali ke arah utara dan utara timur laut dengan kecepatan antara 3,756 - 3,900 m/s, pada bulan Mei dari utara ke selatan dengan kecepatan antara 3,800 - 4,351 m/s, pada bulan Juni bergerak dari barat laut ke timur dengan kecepatan 4,050 – 4,200 m/s, pada bulan Juli hingga September bergerak dari barat laut ke tenggara dengan kecepatan 4,414 – 5,321 m/s, pada bulan Oktober hingga November bergerak dari utara ke selatan dan selatan barat daya dengan kecepatan antara 3,928 – 4,965 m/s.

Kejadian fenomena *upwelling* yang terjadi secara konstan yang diawali pada bulan Mei hingga bulan September di perairan Selat Makassar, fenomena *upwelling* yang panjang ini disebabkan karena perairan ini berada pada lokasi beriklim tropis, dimana pada lintang tropis arah angin bergerak dengan konstan.

Hasil penelitian Inaku (2015) menemukan fenomena *upwelling* di selat Makassar terjadi pada bulan Mei hingga Agustus dengan ditandai suhu permukaan air lebih dingin dan konsentrasi klorofil-a yang tidak relatif tinggi. Fenomena *upwelling* di suatu wilayah dapat atau tidak terjadi pada beberapa waktu, disebabkan arah angin dan topografi dasar laut (Mann *et al*, 2006). Pembentukan *upwelling* disebabkan adanya tiupan angin yang konstan di atas permukaan laut, yang pada gilirannya mempengaruhi arus air sebesar 2% (arus ekman) dan pengaruh ini akan berkurang pada tiap kedalaman hingga kedalaman antara 100 - 200 meter (Dugdale, 1972; Wyrski 1981). Analisis suhu permukaan laut selama bulan Mei hingga September di perairan Selat Makassar menunjukkan nilai yang rendah antara 28 - 30°C dan konsentrasi klorofil-a menunjukkan nilai yang rendah antara

0.27 – 0.31 mg/m³, sedangkan arah angin bergerak dari arah barat laut ke tenggara. Namun konsentrasi klorofil-a yang tinggi ditemukan pada bulan April, Maret dan Januari, namun fenomena ini tidak disebabkan oleh *upwelling*. Kejadian *upwelling* yang konstan membawa massa air yang kaya akan nutrisi ke zona eufotik, Yang *et al* (2017) dan pada gilirannya menyebabkan peningkatan produktivitas primer (merangsang produksi fitoplankton), Jyothibabu *et al* (2010) pada kedalaman 0-20 meter produktivitas primer yang tinggi ini terjadi pada wilayah 10 km dari daerah pantai. Codispoti dan Friederich (1978) menjelaskan bahwa unsur hara nitrat naik ke daerah permukaan pantai dari laut dalam terjadi saat permulaan angin kencang dan angin kencang yang konstan. Fenomena *upwelling* yang konstan ditandai dengan produktivitas yang panjang (keberadaan fitoplankton), menyebabkan populasi zooplankton seperti *copepoda* dapat tumbuh dan bereproduksi dengan baik (Trumble *et al*, 1981). Pada fenomena *upwelling* populasi *fitoplankton* mampu merespon dengan agak cepat kondisi ketersediaan unsur hara, sedangkan zooplankton merespons hanya secara perlahan, produksi fitoplankton biasanya melebihi konsumsi zooplankton (Jones *et al*. 2002).

Hasil tangkapan ikan terbang di wilayah perairan Selat Makassar selama 1 tahun 2019, ditemukan penangkapan terbaik berturut-turut pada bulan Juni, Juli, Mei, Agustus dan rendah pada bulan September. Sedangkan hasil tangkapan ikan terbang di bulan lain diperoleh hasil tangkapan yang kurang baik. Hasil tangkapan yang tinggi beririsan dengan fenomena *upwelling* di perairan selat Makassar. Hasil wawancara dengan nelayan penangkap ikan terbang, nelayan penangkap telur ikan terbang beroperasi pada bulan juli dan agustus di perairan utara Selat Makassar.

Berdasarkan analisis di duga kuat bahwa peningkatan tangkapan ikan terbang di bulan Mei (awal), Juni (puncak), Juli (puncak), Agustus (akhir) hingga September (akhir) tahun 2019 yang berada di wilayah penelitian bukan saja ikan terbang lokal namun ikan terbang yang bermigrasi dari luar dan masuk ke perairan Selat Makassar Indonesia yakni bermigrasi dari arah selatan ke arah utara. Parin *et al* (2000) menjelaskan bahwa sebagian spesies ikan terbang terdistribusi atau bermigrasi secara global dan regional. Migrasi ini dikarenakan intuisi ikan terbang terhadap pola keberadaan makanan (fitoplankton) dan lingkungan (suhu permukaan laut) yang hangat kurang disenangi seperti pada bulan Januari, Februari, Maret, April, Oktober, November dan Desember (Gambar 74 dan Gambar 75). Hasil bedah perut ikan terbang ditemukan dari beberapa ikan berada pada fase tingkat kematangan gonad III dan IV (siap mijah), diasumsikan bahwa ikan terbang migrasi kearah utara untuk memijah (bertelur). Hasil analisis DNA memperkuat bahwa ikan terbang yang ada perairan Selat Makassar bukan ikan lokal, dimana temuan pertama di Indonesia ikan terbang *Cypselurus callopterus* yang sebelumnya hanya ditemukan di perairan Meksiko dan Ekuador serta *Cheilopogon spilonotopterus* yang sebelumnya hanya ditemukan di Teluk Banggala India.

5.6 Novelty Penelitian

Hasil temuan kebaruan tentang ikan terbang *Exocoetidae* di Selat Makassar dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Sembilan temuan spesies ikan terbang *Exocoetidae* yang tertangkap di Selat Makassar berdasarkan konfirmasi genetik yang pertama di Indonesia.
2. *Cypselurus callopterus* dan *Cheilopogon spilonotopterus* tercatat sebagai temuan pertama di Selat Makassar.

3. Model analisis peta HSI dan Peta GAM mampu menjelaskan keterkaitan ikan terbang *Exocoetidae* di Selat Makassar.

4. Model analisis peta *upwelling* berdasarkan parameter suhu permukaan laut, klorofil-a, angin dan hasil tangkapan ikan terbang tiap bulan mampu menjelaskan keterkaitan keberadaan dan jumlah tangkapan ikan terbang *Exocoetidae* di Selat Makassar.



BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

1. Berdasarkan konfirmasi genetik ditemukan 4 genus ikan terbang *Exocoetidae* yaitu *Exocoetus*, *Cypselurus*, *Hirundichtys*, *Cheilopogon* serta 9 spesies yaitu *Exocoetidae monocirrhus*, *Cheilopogon abei*, *Cheilopogon intermedius*, *Cheilopogon spilonotopterus*, *Cheilopogon nigricans*, *Hirundichthys oxycephalus*, *Cypselurus callopterus*, *Hirundichthys oxycephalus* merepukan hasil tangkapan dominan nelayan di Selat Makassar.
2. Secara spasial dan temporal dapat diketahui daerah *fishing ground* yang optimal untuk ikan terbang *Exocoetidae* di wilayah Selat Makassar berdasarkan sebaran suhu permukaan laut berada pada kisaran 29,00 – 31,00°C dan kisaran klorofil-a 0,14 – 0,24 mg/m³. Tersebar pada batas koordinat geografis 117°45' – 119°30' BT dan 2°30'–4°30' LS
3. Parameter suhu dan klorofil-a secara spasial dan temporal memiliki pengaruh dan berkaitan erat dengan jumlah hasil tangkapan ikan terbang *Exocoetidae*, serta prediksi lokasi *upwelling* sebagai area potensial penangkapan ikan terbang di Perairan Selat Makassar

6.2. Saran

1. Keterbatasan dalam melakukan analisis morfologi dikarenakan sampel yang diperoleh mengalami kerusakan pada bagian tubuh ikan sehingga ke depan dalam melakukan riset lebih lanjut diperlukan konfirmasi genetik.
2. Perlu adanya base data penangkapan (*logbook* penangkapan) yang disediakan oleh pihak terkait, sehingga lebih mudah dalam melakukan rekapitulasi data penangkapan.

3. Penggunaan parameter tambahan dalam melakukan validasi terhadap peta potensi daerah penangkapan ikan yang dihasilkan, terutama dengan mempertimbangkan faktor hubungan fenomena atmosfer oseanografi



DAFTAR PUSTAKA

- Ali, S. A., Nessa, M. N., Djawad, I., Bin, S., dan Omar, A. (2004). Musim dan kelimpahan ikan terbang (*Exocoetidae*) Di sekitar Kabupaten Takalar (Laut Flores). *Torani Jurnal Ilmu Kelautan dan Perikanan*. 2 (14): 104-112.
- Ali, S. A. (2019). Maturity and Spawning of Flying Fish (*Hirundichthys oxycephalus* Bleeker, 1852) in Makassar Strait, South Sulawesi. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 253(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/253/1/012012>
- Bellido, J. M., Brown, A. M., Valavanis, V. D., Giráldez, A., Pierce, G. J., Iglesias, M., dan Palialexis, A. (2008). Identifying essential fish habitat for small pelagic species in Spanish Mediterranean waters. *Hydrobiologia*, 612(1), 171–184. <https://doi.org/10.1007/s10750-008-9481-2>
- Carpenter, K. E., dan Niem, V. H. (2001). The living marine resources of the Western Central Pacific. In *FAO species identification guide for fishery purposes* (Vol. 2).
- Champion, C., Hobday, A. J., Pecl, G. T., dan Tracey, S. R. (2020). Oceanographic habitat suitability is positively correlated with the body condition of a coastal-pelagic fish. *Fisheries Oceanography*, 29(1), 100–110. <https://doi.org/10.1111/fog.12457>
- Collette BB, McGowen GE, Parin NV, M. S. (1984). Beloniformes: development and relationships. In: Moser HG, Richards WJ, Cohen DM, Fahay MP, Kendall AW, Richardson SL, eds. Ontogeny and systematics of fishes. Lawrence. *American Society of Ichthyologists and Herpetologists*, 335-354.
- Compagno, L. J. V. (1998). FAO SPECIES IDENTIFICATION GUIDE FOR FISHERY PURPOSES WESTERN CENTRAL edited by Norwegian Agency for International Development. In *Fao* (Vol. 3).
- Fish, F. E. (1990). Wing design and scaling of flying fish with regard to flight performance. *Journal of Zoology*, 221(3), 391–403. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1990.tb04009.x>
- Forsbergh ED, J. J. (1964). Biological production in the Eastern Tropical Pacific. *Inter-Am Trop Tuna Comm Bull*, 8, 479–527.
- Fricke, R., M. Kulbicki and L. Wantiez. (2011). Checklist of the fishes of New Caledonia, and their distribution in the Southwest Pacific Ocean (Pisces). *Stuttgarter Beiträge Zur Naturkunde A, Neue Serie* 4:341–463.
- Froese, R., dan Pauly, D. (2002). Fishbase: a global information system on fishes. *World Wide Web Electronic Publication: Www. Fishbase. Org.*, 0.
- García-Seoane, E., Marques, V., Silva, A., dan Angélico, M. M. (2019). Spatial and temporal variation in pelagic community of the western and southern Iberian Atlantic waters. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 221(August 2018), 147–155. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2019.03.018>
- Grémillet, D., Lewis, S., Drapeau, L., Van Der Lingen, C. D., Huggett, J. A., Coetzee, J. C., Ryan, P. G. (2008). Spatial match-mismatch in the Benguela upwelling zone: Should we expect chlorophyll and sea-surface temperature to predict marine predator distributions? *Journal of Applied Ecology*, 45(2), 610–621. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2007.01447.x>
- Hao, Q., Chai, F., Xiu, P., Bai, Y., Chen, J., Liu, C., Zhou, F. (2019). Spatial and temporal variation in chlorophyll a concentration in the Eastern China Seas based on a locally modified satellite dataset. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 220(January), 220–231. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2019.01.004>
- Horhoruw, S. M., Atmadipoera, A. S., Purba, M., dan Purwandana, A. (2015). *Struktur Arus dan Variasi Spasial Arlindo di Selat Makassar dari Ewin 2013*.

- 20(2), 87–100.
- Huang, Z., Hu, J., dan Shi, W. (2021). Mapping the coastal upwelling east of taiwan using geostationary satellite data. *Remote Sensing*, 13(2), 1–20. <https://doi.org/10.3390/rs13020170>
- Inaku, D. W. I. F. (2011). *AREA UPWELLING DI BAGIAN SELATAN*.
- Indrayani, Sambah, A. B., Kurniawan, A., Pariakan, A., Jufri, A., dan Wiadnya, D. G. R. (2020). Determination spesies flying fishes (*Exocoetidae*) in makassar strait. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 441(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/441/1/012110>
- Ji, C., Zhang, Y., Cheng, Q., Li, Y., Jiang, T., dan San Liang, X. (2018). On the relationship between the early spring Indian Ocean's sea surface temperature (SST) and the Tibetan Plateau atmospheric heat source in summer. *Global and Planetary Change*, 164(June 2017), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2018.02.011>
- Kovalevskaya, N. . (1982). Superfluous reproduction and development of flying fishes of the famili *Exocoetidae* . *J Ichthyol*. 22(4).; 22, 48–54.
- Kunarso, Hadi, S., Sari Ningsih, N., Baskoro, M. S., Wirasatriya, A., dan Kuswardani, A. R. T. D. (2020). The classification of upwelling indicators base on sea surface temperature, chlorophyll-a and upwelling index, the case study in Southern Java to Timor Waters. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 530(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/530/1/012020>
- Lewallen, Eric A, Wijnen, A. J. Van, Bonin, C. A., dan Lovejoy, N. R. (2018). *Flyingfish (Exocoetidae) species diversity and habitats in the eastern tropical Pacific Ocean*. 1755–1765. <https://doi.org/10.1007/s12526-017-0666-7>
- Lewallen, Eric Alexander. (2012). *Evolution and Ecology of Flyingfishes (Teleostei: Exocoetidae)*. University of Toronto.
- Li, G., Cao, J., Zou, X., Chen, X., dan Runnebaum, J. (2016). Modeling habitat suitability index for Chilean jack mackerel (*Trachurus murphyi*) in the South East Pacific. *Fisheries Research*, 178, 47–60. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2015.11.012>
- Muhammad, S., Mallawa, A., dan Zainuddin, M. (2018). Majene Analysis Of Fishing Ground And Movement Patterns For Flying Fish In The Northern Waters Of Majene. 5(April), 26–40.
- Naman, S. M., Rosenfeld, J. S., Neuswanger, J. R., Enders, E. C., dan Eaton, B. C. (2019). Comparing correlative and bioenergetics-based habitat suitability models for drift-feeding fishes. *Freshwater Biology*, 64(9), 1613–1626. <https://doi.org/10.1111/fwb.13358>
- Naulita, Y., Arhatin, R. E., dan Nabil. (2020). Upwelling index along the South Coast of Java from satellite imagery of wind stress and sea surface temperature. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 429(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/429/1/012025>
- Nuridin, S, Lihan, T., dan Mustapha, A. M. (2012). Mapping of potential fishing grounds of *Rastrelliger kanagurta* (Cuvier, 1816) in the Archipelagic waters of Spermonde Indonesia using satellite images. *Malaysia Geospatial Forum*, (March).
- Nuridin, Suhartono, Mustapha, M. A., Lihan, T., dan Ghaffar, M. A. (2015). Determination of potential fishing grounds of *Rastrelliger kanagurta* using satellite remote sensing and GIS technique. *Sains Malaysiana*, 44(2), 225–232. <https://doi.org/10.17576/jsm-2015-4402-09>
- O'Brien, L. (1997). Preliminary results of a spatial and temporal analysis of

- haddock distribution applying a generalized additive model. *Northeast Fisheries Science Center Reference* ..., (January). Retrieved from <https://www.nefsc.noaa.gov/nefsc/publications/crd/pdfs/crd9701.pdf>
- Oliveira, P. B., Nolasco, R., Dubert, J., Moita, T., dan Peliz, Á. (2009). Surface temperature, chlorophyll and advection patterns during a summer upwelling event off central Portugal. *Continental Shelf Research*, 29(5–6), 759–774. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2008.08.004>
- Palo, M., Najamuddin, N., Zainuddin, M., dan Farhum, S. A. (2019). Hotspots of Bony Flying fish (H. Oxycephalus) Distribution Constrained by Physical Oceanographic Condition in the central of Makassar Strait during Boreal Winter. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 4(4), 989–994. <https://doi.org/10.22161/ijeab.4415>
- Parenrengi, A., Tenriulo, A., dan Ali, S. A. (2016). Genetic Variability Of Three Populations Of Flying Fish, Hirundichthy Oxycephalus From Makassar Strait. *Indonesian Aquaculture Journal*, 7(1), 1. <https://doi.org/10.15578/iaj.7.1.2012.1-10>
- Parin, N. V.; Shakhovskoy, I. B. (2000). A review of the flying fish genus *Exocoetus* (*Exocoetidae*) with descriptions of two new species from the southern Pacific Ocean. *Journal of Ichthyology*, 40 (Suppl.
- Parin, N.V., 1996. (1996). On the species composition of flying fishes (*Exocoetidae*) in the West-Central part of tropical Pacific. *J. Ichthyol.* 36(5):357-364.
- Parin, N.V., 1999. (1999). *Exocoetidae* . *Flyingfishes*. p. 2162-2179. In K.E. Carpenter and V.H. Niem (eds.) *FAO species identification guide for fishery purposes. The living marine resources of the WCP. Vol. 4. Bony fishes part 2 (Mugilidae to Carangidae)*. FAO, Rome.
- Parin, N. V. (1961). Contribution to the knowledge of the flyingfish fauna (*Exocoetidae*) of the Pacific and Indian Oceans. *Akademiia Nauk SSSR, Trudy P.P. Shirshov Instytut Okeanologii*, 42, 40–91.
- Parin, N. V. and T. N. B. (1998). Age and geographic variability and distribution of the flying fish *Cheilopogon furcatus* (*Exocoetidae* , Beloniformes), with a description of two new subspecies. *J. Ichthyol*, 38(8), 557–573.
- Parin, N. V. (1996). On the species composition of flying fishes (*Exocoetidae*) in the west-central part of tropical Pacific. *Journal of Ichthyology*, 36:357-364, 357–364.
- Patel, S., Vithalpura, M., Mallick, S. K., dan Ratheesh, S. (2020). Temporal and Spatial Variations of Monsoonal Upwelling along the South West and East Coasts of India. *Marine Geodesy*, 43(4), 414–432. <https://doi.org/10.1080/01490419.2019.1703061>
- Richards, R. G., Tomlinson, R., dan Chaloupka, M. (2010). Using generalized additive models to assess, explore and unify environmental monitoring datasets. *Modelling for Environment's Sake: Proceedings of the 5th Biennial Conference of the International Environmental Modelling and Software Society, IEMSs 2010*, 2, 1412–1420.
- Riede, K. (2004). Global register of migratory species - from global to regional scales. *Final Report of the R dan D-Projekt 808 05 081. Federal Agency for Nature Conservation, Bonn, Germany*. 329 P.
- Robins, C.R. and G.C. Ray, 1986. (1986). A field guide to Atlantic coast fishes of North America. *Houghton Mifflin Company, Boston, U.S.A.* 354 P.
- Sagarese, S. R., Frisk, M. G., Cerrato, R. M., Sosebee, K. A., Musick, J. A., dan Rago, P. J. (2014). Application of generalized additive models to examine ontogenetic and seasonal distributions of spiny dogfish (*Squalus acanthias*) in

- the Northeast (US) shelf large marine ecosystem. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 71(6), 847–877. <https://doi.org/10.1139/cjfas-2013-0342>
- Shakhovskoy, I. B., dan Parin, N. V. (2010). A comparative description and distribution of the flying fishes-Cypselurus poecilopectus, C. simus, and C. callopectus, sorted out into the species group of spotwing species of the subgenus Poecilocypselurus. *Journal of Ichthyology*, 50(8), 559–579. <https://doi.org/10.1134/S0032945210080011>
- Shakhovskoy, I. B., dan Parin, N. V. (2013). A review of flying fishes of the subgenus Hirundichthys (genus Hirundichthys, Exocoetidae). 1. Oceanic species: H. speculiger, H. indicus sp. nova. *Journal of Ichthyology*, 53(2), 117–145. <https://doi.org/10.1134/S003294521301013X>
- Shen, S. C. (ed.). (1993). Fishes of Taiwan. . *Department of Zoology, National Taiwan University, Taipei*. 960 P.
- Sommer, C., W. Schneider and J.-M. Poutiers, 1996. (1996). FAO species identification field guide for fishery purposes. *The Living Marine Resources of Somalia. FAO, Rome*. 376 P.
- Syahailatua, A., Djamali, A., Makatipu, P., dan Ali, S. A. (2006). Keragaman Jenis dan Distribusi Ukuran Panjang Ikan Terbang di Perairan Indonesia Timur. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*, 8(2), 260–265.
- Syahdan, M. (2012). *Pola Spasial dan Variabilitas Temporal Data Satelit Multisensor Hubungannya dengan Distribusi Ikan Pelagis Kecil di Selat Makassar - Laut Jawa*. 0–10.
- Szuwalski, C. S., dan Thorson, J. T. (2017). Global fishery dynamics are poorly predicted by classical models. *Fish and Fisheries*, 18(6), 1085–1095. <https://doi.org/10.1111/faf.12226>
- Van Der Laan, R., Eschmeyer, W. N., dan Fricke, R. (2014). Famili-group names of recent fishes. *Zootaxa*, 3882(1), 1–230.
- W.Samada,, M.A.Amrana, A.H. Muhiddina, R. T. (2019). Dinamika Spasial Temporal Sebaran Klorofil-A Perairan Selat Makassar Kaitannya Dengan Lokasi Penangkapan Ikan. *ISSN 2502-3632 (Online) ISSN 2356-0304 (Paper) Jurnal Online Internasional dan Nasional Vol. 7 No.1, Januari – Juni 2019 Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta*, 53(9), 1689–1699. Retrieved from www.journal.uta45jakarta.ac.id
- White, C. F., Lyons, K., Jorgensen, S. J., O'Sullivan, J., Winkler, C., Weng, K. C., dan Lowe, C. G. (2019). Quantifying habitat selection and variability in habitat suitability for juvenile white sharks. *PLoS ONE*, 14(5), 1–20. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214642>
- Widya, T. W. L., Kunarso, K., dan Dwi, R. T. (2020). Distribusi Suhu , Salinitas Dan Densitas Di Lapisan Homogen Dan Termoklin Perairan Selat Makassar. *Oceanography*, 02(2). Retrieved from <http://ejournal2.undip.ac.id/index.php/ijoice/>
- Wu, L., Xu, L., Sun, J., Wang, X., Wei, Y., Li, Y., dan Liu, X. (2017). *Oceanological and Hydrobiological Studies by*. <https://doi.org/10.1515/ohs-2017-0032>
- Yahya, M. A. (2006). Studi tentang perikanan ikan terbang di selat makassar melalui pendekatan dinamika biofisik, musim dan daerah penangkapan. *Disertasi*. <https://doi.org/10.1016/j.fluid.2008.12.003>
- Zainuddin, M. (2011). *Preliminary Findings on Distribution and Abundance of Flying fish in Relation to Oceanographic Conditions of Flores Sea Observed from Multi-spectrum Satellite Images*. (January 2011).
- Zainuddin, M., dan Hasanuddin, U. (2014). *Preliminary Findings on Distribution*

and Abundance of Flying fish in Relation to Oceanographic Conditions of Flores Sea Observed from Multi-spectrum Preliminary Findings on Distribution and Abundance of Flying fish in Relation to Oceanographic Conditions . (August). <https://doi.org/10.33997/j.afs.2011.24.1.003>

Zeng, X., Tanaka, K. R., Chen, Y., Wang, K., dan Zhang, S. (2018). Gillnet data enhance performance of rockfishes habitat suitability index model derived from bottom-trawl survey data: A case study with *Sebasticus marmoratus*. *Fisheries Research*, 204(March), 189–196. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2018.02.009>



LAMPIRAN

Lampiran 1. Daftar nama ilmiah Famili *Exocoetidae* yang valid, nama ilmiah sebelumnya, beserta senior/junior synonym (dianalisis dari berbagai sumber, kontribusi utama Carpenter dan Niem 2001; www.fishbase.org; *Exocoetidae*; www.research.calacademy.org.fish).

No	Nama ilmiah yang valid	Nama ilmiah sebelumnya yang pernah valid	Senior/Junior synonym
1	<i>Exocoetidae</i> volitans Linnaeus, 1758	<i>Exocoetidae</i> evolans (Linnaeus, 1766)	Exocaetus volitans (Linnaeus, 1758)
		Halocypselus evolans (Linnaeus, 1766)	Exocetus volitans (Linnaeus, 1758)
		<i>Exocoetidae</i> commersonnii (Lacepède, 1803)	Exocaetus commersonnii (Lacepède, 1803)
		<i>Exocoetidae</i> volans (Solander, 1846)	<i>Exocoetidae</i> commersonnii (Lacepède, 1803)
		Halocypselus mesogaster (Weinland, 1858)	Exocaetus volans (Solander, 1846)
		<i>Exocoetidae</i> volitans vagabundus (Whitley, 1937)	
2	<i>Exocoetidae</i> monocirrhus (Richardson, 1846)	<i>Exocoetidae</i> georgianus (Valenciennes, 1847)	Exocaetus monocirrhus (Richardson, 1846)
		<i>Exocoetidae</i> melanopus (Günther, 1868)	<i>Exocoetidae</i> monocirrhous (Richardson, 1846)
		Halocypselus borodini (Nichols dan Breder, 1932)	Halacypselurus borodini (Nichols dan Breder, 1932)
			Halocypselus borodoni (Nichols dan Breder, 1932)
3	<i>Exocoetidae</i> obtusirostris (Günther, 1866)	<i>Exocoetidae</i> holubii (Steindachner, 1881)	<i>Exocoetidae</i> volitans (non Linnaeus, 1758)
		<i>Exocoetidae</i> gaussianus (Lampe, 1914)	
4	<i>Exocoetidae</i> gibbosus (Parin dan Shakhovskoy, 2000)		
5	<i>Exocoetidae</i> peruvianus (Parin dan Shakhovskoy, 2000)		
6	Cypselurus comatus (Mitchill, 1815)	<i>Exocoetidae</i> comatus (Mitchill, 1815)	
		<i>Cheilopogon</i> comatus (Mitchill, 1815)	
		Cypselurus vitropinna (Breder, 1927)	

		Cypselurus antarei (Beebe dan Hollister, 1933)	
		Cypselurus alienus (Herre, 1935)	
7	Cypselurus poecilopterus (Valenciennes, 1847)	<i>Exocoetidae</i> poecilopterus (Valenciennes, 1847)	Cypselurus poeciploterus (Valenciennes, 1847)
			Cypselurus poicilopterus (Valenciennes, 1847)
			Cypsilurus poecilopterus (Valenciennes, 1847)
			Cyselorus poecilopterus (Valenciennes, 1847)
8	Cypselurus simus (Valenciennes, 1847)	<i>Exocoetidae</i> simus Valenciennes, 1847	Cypselurus poecilopterus (non Valenciennes, 1847)
		<i>Cheilopogon</i> simus (Valenciennes, 1847)	Cypselurus pitcairimensis (non Nichols dan Breder, 1935)
9	Cypselurus hexazona (Bleeker, 1853)	<i>Exocoetidae</i> hexazona Bleeker, 1853	Cypsilurus brevis Weber dan de Beaufort, 1922
		<i>Zonocypselurus</i> hexazona (Bleeker, 1853)	Cypselurus brevis (non Weber dan de Beaufort, 1922)
		Cypselurus brevis Weber dan de Beaufort, 1922	
		Cypselurus bruuni Kotthaus, 1969	
		Cypselurus formosus Kotthaus, 1969	
10	Cypselurus oligolepis (Bleeker, 1865)	<i>Exocoetidae</i> oligolepis Bleeker, 1865	Cyselorus oligolepis (Bleeker, 1865)
		<i>Exocoetidae</i> apus Valenciennes, 1847	Cyselurus oligolepis (Bleeker, 1865)
		<i>Exocoetidae</i> brachysoma Bleeker, 1865	
		<i>Exocoetidae</i> neglectus Bleeker, 1865	
11	Cypselurus opisthopus (Bleeker, 1865)	<i>Exocoetidae</i> opisthopus Bleeker, 1865	
		<i>Exocoetidae</i> spilurus Günther, 1866	
		Cypselurus spilurus (Günther, 1866)	
		Cypselurus caudimaculatus Fowler, 1934	
		Cypselurus crockeri Seale, 1935	
12	Cypselurus callopterus (Günther, 1866)	<i>Exocoetidae</i> callopterus Günther, 1866	

13	Cypselurus naresii (Günther, 1889)	<i>Exocoetidae</i> naresii Günther, 1889	Cypselurus narassi (Günther, 1889)
			Cypselurus angusticeps (non Nichols dan Breder, 1935)
14	Cypselurus angusticeps Nichols dan Breder, 1935		Cypselurus angusticeps Nichols dan Breder, 1935
15	Cypselurus hiraii Abe, 1953	Cypselurus opisthopus hiraii Abe, 1953	
16	Cypselurus starksi Abe, 1953		
17	Cypselurus longibarbus (Parin, 1961)	<i>Cheilopogon</i> longibarbus Parin, 1961	
18	<i>Cheilopogon</i> pinnatibarbatus pinnatibarbatus (Bennett, 1831)	<i>Exocoetidae</i> pinnatibarbatus Bennett, 1831	
19	<i>Cheilopogon</i> pinnatibarbatus (Bennett, 1831)	Cypselurus pinnatibarbatus (Bennett, 1831)	
		Cypselurus pulchellus Lowe, 1841	
		<i>Exocoetidae</i> lineatus Valenciennes, 1847	
		Cypselurus lineatus (Valenciennes, 1847)	
		<i>Exocoetidae</i> orbignianus Valenciennes, 1847	
		<i>Exocoetidae</i> robustus Günther, 1866	
		<i>Exocoetidae</i> fernandezianus Philippi, 1895	
		Cypselurus minos Nichols dan Breder, 1930	
20	<i>Cheilopogon</i> exsiliens (Linnaeus, 1771)	<i>Exocoetidae</i> exsiliens Linnaeus, 1771	<i>Cheilopogon</i> exsiliens (Linnaeus, 1771)
		Cypselurus exsiliens (Linnaeus, 1771)	Cypselurus exsiliens (Linnaeus, 1771)
		<i>Exocoetidae</i> bicolor (Valenciennes, 1847)	Cypselurus exsiliens (Linnaeus, 1771)
		<i>Exocoetidae</i> spilopus (Valenciennes, 1847)	
21	<i>Cheilopogon</i> heterurus	<i>Exocoetidae</i> heterurus (Rafinesque, 1810)	

	(Rafinesque, 1810)	<i>Cheilopogon heterurus heterurus</i> (Rafinesque, 1810)	
		<i>Cypselurus heterurus</i> (Rafinesque, 1810)	
		<i>Exocetus procne</i> De Filippi dan Verany, 1857	
		<i>Exocoetidae</i> <i>procne</i> De Filippi dan Verany, 1857	
22	<i>Cheilopogon furcatus</i> (Mitchill, 1815)	<i>Exocoetidae</i> <i>furcatus</i> Mitchill, 1815	<i>Cheliopogon furcatus</i> (Mitchill, 1815)
		<i>Cheilopogon furcatus</i> furcatus (Mitchill, 1815)	<i>Cypsilurus furcatus</i> (Mitchill, 1815)
		<i>Cypselurus furcatus</i> (Mitchill, 1815)	<i>Exocetus nuttallii</i> (Lesueur, 1821)
		<i>Exocoetidae</i> <i>nuttalii</i> Lesueur, 1821	
		<i>Cypselurus antonichi</i> Woods dan Schultz, 1953	
		<i>Cheilopogon antonichi</i> (Woods dan Schultz, 1953)	
		<i>Cheilopogon furcatus</i> <i>fisunovi</i> Parin dan Belyanina, 1998	
		<i>Cheilopogon furcatus</i> <i>neimani</i> Parin dan Belyanina, 1998	
		<i>Cheilopogon unicolor</i> (non Valenciennes, 1847)	
		<i>Cypsilurus altipennis</i> (non Valenciennes, 1847)	
23	<i>Cheilopogon nigricans</i> (Bennett, 1840)	<i>Cypselurus nigricans</i> (Bennett, 1840)	<i>Exocaetus nigricans</i> (Bennett, 1840)
		<i>Exocoetidae</i> <i>nigricans</i> Bennett, 1840	
		<i>Cypselurus pinnatibarbatus</i> (non Bennett, 1831)	
		<i>Exocoetidae</i> <i>spilopus</i> (non Valenciennes, 1847)	
		<i>Cheilopogon agoo</i> (Temminck dan Schlegel, 1846)	
		<i>Exocoetidae</i> <i>agoo</i> Temminck dan Schlegel, 1846	

		<i>Cheilopogon</i> agoo agoo (Temminck dan Schlegel, 1846)	
		<i>Cypselurus</i> agoo (Temminck dan Schlegel, 1846)	
		<i>Cypselurus</i> agoo agoo (Temminck dan Schlegel, 1846)	
24	<i>Cheilopogon altipennis</i> (Valenciennes, 1847)	<i>Exocoetidae</i> altipennis Valenciennes, 1847	<i>Cypselurus</i> pinnatibarbatus (non Bennett, 1831)
		<i>Cheilopogon</i> pinnatibarbatus altipennis (Valenciennes, 1847)	<i>Cypselurus</i> bahiensis (non Ranzani, 1842)
		<i>Cypselurus</i> altipennis (Valenciennes, 1847)	
		<i>Exocoetidae</i> solandri (Valenciennes, 1847)	
		<i>Exocoetidae</i> longipinnis (Castelnau, 1861)	
25	<i>Cheilopogon cyanopterus</i> (Valenciennes, 1847)	<i>Exocoetidae</i> cyanopterus (Valenciennes, 1847)	<i>Cypsilurus</i> cyanopterus (Valenciennes, 1847)
		<i>Cypselurus</i> cyanopterus (Valenciennes, 1847)	<i>Cypselurus</i> lineatus (non Valenciennes, 1847)
		<i>Exocoetidae</i> bahiensis Ranzani, 1842	
		<i>Cypselurus</i> bahiensis (Ranzani, 1842)	
		<i>Exocoetidae</i> dussumieri Valenciennes, 1847	
		<i>Exocoetidae</i> solitarius Bennett, 1860	
		<i>Exocoetidae</i> vermiculatus Poey, 1860	
		<i>Exocoetidae</i> albidactylus Gill, 1863	
		<i>Exocoetidae</i> parrae Poey, 1868	
		<i>Cypselurus</i> monroei Nichols dan Breder, 1928	
		<i>Cypselurus</i> smithi Breder dan Nichols, 1930	
		<i>Cypselurus</i> hewitti Smith, 1935	
26	<i>Cheilopogon melanurus</i> (Valenciennes, 1847)	<i>Exocoetidae</i> melanurus Valenciennes, 1847	<i>Exocoetidae</i> robustus (non Günther, 1866)
		<i>Cypselurus</i> melanurus (Valenciennes, 1847)	

		<i>Exocoetidae</i> lutkeni Jordan dan Evermann, 1896	
27	<i>Cheilopogon spilopterus</i> (Valenciennes, 1847)	<i>Exocoetidae</i> spilopterus Valenciennes, 1847	<i>Cypselurus spilopterus</i> (Valenciennes, 1847)
		<i>Cypselurus spilopterus</i> (Valenciennes, 1847)	<i>Cypselurus spilopterus</i> (Valenciennes, 1847)
		<i>Cypselurus bilobatus</i> Weber dan de Beaufort, 1922	
28	<i>Cheilopogon unicolor</i> (Valenciennes, 1847)	<i>Exocoetidae</i> unicolor Valenciennes, 1847	
		<i>Cypselurus unicolor</i> (Valenciennes, 1847)	
29	<i>Cheilopogon pinnatibarbatus californicus</i> (Cooper, 1863)	<i>Exocoetidae</i> californicus Cooper, 1863	
		<i>Cheilopogon californicus</i> (Cooper, 1863)	
		<i>Cypselurus californicus</i> (Cooper, 1863)	
		<i>Parexocoetoides vanderbilti</i> Fowler, 1944	
30	<i>Cheilopogon katoptron</i> (Bleeker, 1865)	<i>Exocoetidae</i> katoptron Bleeker, 1865	
		<i>Cypselurus katoptron</i> (Bleeker, 1865)	
31	<i>Cheilopogon spilonotus</i> (Bleeker, 1865)	<i>Exocoetidae</i> spilonotus Bleeker, 1865	<i>Cheilopogon spilonotus</i> (Bleeker, 1865)
		<i>Cypselurus spilonotus</i> (Bleeker, 1865)	<i>Cypselurus quindecimradiatus</i> (Fowler, 1900)
		<i>Cypselurus quindecimradiatus</i> (Fowler, 1900)	<i>Cypselurus tahitensis</i> Seale, 1906
		<i>Cypselurus tahitensis</i> Seale, 1906	
32	<i>Cheilopogon arcticeps</i> (Günther, 1866)	<i>Exocoetidae</i> arcticeps Günther, 1866	
		<i>Cypselurus arcticeps</i> (Günther, 1866)	
		<i>Cypselurus brevis</i> (Weber dan de Beaufort, 1922)	
33	<i>Cheilopogon pinnatibarbatus melanocercus</i> (Ogilby, 1885)	<i>Exocoetidae</i> melanocercus Ogilby, 1885	
34	<i>Cheilopogon doederleinii</i> (Steindachner, 1887)	<i>Exocoetidae</i> doederleinii Steindachner, 1887	
		<i>Cheilopogon heterurus doederleini</i> (Steindachner, 1887)	

		Cypselurus heterurus doederleini (Steindachner, 1887)	
35	<i>Cheilopogon</i> xenopterus (Gilbert, 1890)	<i>Exocoetidae</i> xenopterus Gilbert, 1890 Cypselurus xenopterus (Gilbert, 1890)	
36	<i>Cheilopogon</i> atrisignis (Jenkins, 1903)	Cypselurus atrisignis (Jenkins, 1903) Cypselurus atrisignis atrisignis Jenkins, 1903 Cypselurus gregoryi (Pietschmann, 1928) Cypsilurus atrisignis galapagensis (Fowler, 1944) Cypselurus multimaculatus (Kotthaus, 1969)	Cypsilurus atrisignis (Jenkins, 1903)
37	<i>Cheilopogon</i> pinnatibarbatus japonicus (Franz, 1910)	<i>Exocoetidae</i> lineatus japonicus (Franz, 1910) Cypselurus pinnatibarbatus japonicus (Franz, 1910) <i>Exocoetidae</i> cirriger Peters, 1877	
38	<i>Cheilopogon</i> pitcairnensis (Nichols dan Breder, 1935)	Cypselurus pitcairnensis Nichols dan Breder, 1935	
39	<i>Cheilopogon</i> ventralis (Nichols dan Breder, 1935)	Cypselurus ventralis Nichols dan Breder, 1935	
40	<i>Cheilopogon</i> papilio (Clark, 1936)	Par <i>Exocoetidae</i> papilio Clark, 1936	
41	<i>Cheilopogon</i> suttoni (Whitley dan Colefax, 1938)	Maculocoetus suttoni Whitley dan Colefax, 1938 Cypselurus suttoni (Whitley dan Colefax, 1938)	
42	<i>Cheilopogon</i> dorsomacula (Fowler, 1944)	Cypsilurus furcatus dorsomacula Fowler, 1944	
43	<i>Cheilopogon</i> hubbsi (Parin, 1961)	<i>Cheilopogon</i> heterurus hubbsi (Parin, 1961) Cypselurus hubbsi (Parin, 1961)	Cypselurus heterurus hubbsi (Parin, 1961)
44	<i>Cheilopogon</i> intermedius Parin, 1961		
45	<i>Cheilopogon</i> rapanouiensis Parin, 1961	<i>Cheilopogon</i> ago rapanouiensis Parin, 1961	
46	<i>Cheilopogon</i> milleri (Gibbs dan Staiger,	Cypselurus milleri Gibbs dan Staiger, 1970	

	1970)		
47	<i>Cheilopogon abei</i> (Parin, 1996)	<i>Cypselurus abei</i> (Parin, 1996)	<i>Cypselurus exisiliens</i> (non Linnaeus, 1771)
			<i>Exocoetidae</i> <i>nigricans</i> (non Bennett, 1840)
			<i>Exocoetidae</i> <i>speculiger</i> (non Valenciennes, 1847)
			<i>Cypselurus katoptron</i> (non Bleeker, 1865)
48	<i>Cheilopogon olgae</i> (Parin, 2009)		
49	Par <i>Exocoetidae</i> <i>mento</i> (Valenciennes, 1847)	<i>Exocoetidae</i> <i>mento</i> (Valenciennes, 1847)	<i>Paraxocoetus mento</i> <i>atlanticus</i> Bruun, 1933
		Par <i>Exocoetidae</i> <i>mento</i> <i>mento</i> (Valenciennes, 1847)	Par <i>Exocoetidae</i> <i>brachypterus</i> (non Richardson, 1846)
		<i>Exocoetidae</i> <i>mesogaster</i> (Bloch, 1795)	
		<i>Exocoetidae</i> <i>gryllus</i> (Klunzinger, 1871)	
		Par <i>Exocoetidae</i> <i>mento</i> <i>atlanticus</i> (Bruun, 1933)	
50	Par <i>Exocoetidae</i> <i>brachypterus</i> (Richardson, 1846)	<i>Exocoetidae</i> <i>brachypterus</i> (Richardson, 1846)	<i>Exocetus brachypterus</i> (Richardson, 1846)
		Par <i>Exocoetidae</i> <i>brachypterus</i> <i>brachypterus</i> (Richardson, 1846)	Par <i>Exocoetidae</i> <i>brachypterus</i> (Richardson, 1846)
		<i>Exocoetidae</i> <i>atrodorsalis</i> (Günther, 1867)	<i>Paraxocoetus brachypterus</i> (Richardson, 1846)
		<i>Ptenonotus melanogeneion</i> (Pietschmann, 1928)	
51	Par <i>Exocoetidae</i> <i>hillianus</i> (Gosse, 1851)	<i>Exocoetidae</i> <i>hillianus</i> Gosse, 1851	
		Par <i>Exocoetidae</i> <i>brachypterus</i> <i>hillianus</i> (Gosse, 1851)	
		Par <i>Exocoetidae</i> <i>brachypterus</i> <i>littoralis</i> Breder, 1938	
52	<i>Fodiator acutus</i> (Valenciennes, 1847)	<i>Exocoetidae</i> <i>acutus</i> (Valenciennes, 1847)	
		<i>Fodiator acutus acutus</i> (Valenciennes, 1847)	
53	<i>Fodiator rostratus</i> (Günther, 1866)	<i>Exocoetidae</i> <i>rostratus</i> (Günther, 1866)	<i>Fodiator acutus</i> (non Valenciennes, 1847)
		<i>Fodiator acutus rostratus</i> (Günther, 1866)	

		Fodiator acutus pacificus (Bruun, 1933)	
54	Hirundichthys rondeletii (Valenciennes, 1847)	<i>Exocoetidae</i> rondeletii (Valenciennes, 1847)	Cypsilurus rondeletii (Valenciennes, 1847)
		Danichthys rondeletii (Valenciennes, 1847)	Danichthys rondeleti (Valenciennes, 1847)
		Prognichthys rondeletii (Valenciennes, 1847)	Danichthys rondeletii (Valenciennes, 1847)
		<i>Exocoetidae</i> rubescens (Rafinesque, 1818)	Hirundichthys rondeleti (Valenciennes, 1847)
		<i>Exocoetidae</i> dowii Gill, 1863	
		<i>Exocoetidae</i> brachycephalus (Günther, 1866)	
		<i>Exocoetidae</i> lamellifer (Kner dan Steindachner, 1867)	
		<i>Exocoetidae</i> cribrosa (Kner, 1867)	
		Danichthys cribrosus (Kner, 1867)	
		<i>Exocoetidae</i> vinciguerrae (Jordan dan Meek, 1885)	
		Exonastes gilberti Snyder, 1904	
		Exonastes fulvipes Ogilby, 1908	
		Cypselurus polyethmus Fowler, 1919	
		Exonastes nonsuchae (Beebe dan Tee-Van, 1932)	Hirundichthys rondeletii (non Valenciennes, 1847)
55	Hirundichthys rufipinnis (Valenciennes, 1847)	<i>Exocoetidae</i> rufipinnis (Valenciennes, 1847)	
		Prognichthys rufipinnis (Valenciennes, 1847)	
56	Hirundichthys speculiger (Valenciennes, 1847)	<i>Exocoetidae</i> speculiger (Valenciennes, 1847)	Cypsilurus speculiger (Valenciennes, 1847)
		Cypselurus speculiger (Valenciennes, 1847)	<i>Exocoetidae</i> nigripinnis Valenciennes, 1847
		<i>Exocoetidae</i> nigripinnis Valenciennes, 1847	<i>Exocoetidae</i> volitans (non Linnaeus, 1758)
		<i>Exocoetidae</i> polleni Bleeker, 1865	Exonastes nonsuchae (non Beebe dan Tee Van, 1932)
		Cypselurus hyperistius Fowler, 1919	
		<i>Exocoetidae</i> hyperistius (Fowler, 1919)	

		Hirundichthys speculiger praecox (Whitley, 1937)	
57	Hirundichthys oxycephalus (Bleeker, 1853)	<i>Exocoetidae</i> oxycephalus (Bleeker, 1853)	Hirundichthys affinis (non Günther, 1866)
		Cypselurus oxycephalus (Bleeker, 1853)	
58	Hirundichthys affinis (Günther, 1866)	<i>Exocoetidae</i> affinis Günther, 1866	<i>Exocoetidae</i> volitans (non Linnaeus, 1758)
		Exonates affinis (Günther, 1866)	
		<i>Exocoetidae</i> roberti (Müller dan Troschel, 1848)	
59	Hirundichthys volador (Jordan, 1884)	<i>Exocoetidae</i> volador Jordan, 1884	Hirundichthys rondeletti (non Valenciennes, 1847)
60	Hirundichthys ilma (Clarke, 1899)	<i>Exocoetidae</i> ilma Clarke, 1899	
		Danichthys ilma (Clarke, 1899)	
61	Hirundichthys socotranus (Steindachner, 1902)	Exocetus socotranus Steindachner, 1902	
62	Hirundichthys coromandelensis (Hornell, 1923)	Cypselurus coromandelensis Hornell, 1923	Hirundichthys coromondelensis (Hornell, 1923)
63	Hirundichthys marginatus (Nichols dan Breder, 1928)	Exonates marginatus Nichols dan Breder, 1928	
64	Hirundichthys albimaculatus (Fowler, 1934)	Cypselurus albimaculatus (Fowler, 1934)	
		Danichthys albimaculatus (Fowler, 1934)	
65	Hirundichthys indicus Shakhovskoy dan Parin, 2013	Hirundichthys indicus indicus Shakhovskoy dan Parin, 2013	
		Hirundichthys indicus orientalis Shakhovskoy dan Parin, 2013	
66	Prognichthys gibbifrons (Valenciennes, 1847)	<i>Exocoetidae</i> gibbifrons (Valenciennes, 1847)	
67	Prognichthys brevipinnis (Valenciennes, 1847)	<i>Exocoetidae</i> brevipinnis (Valenciennes, 1847)	
		Cypselurus brevipinnis (Valenciennes, 1847)	
		<i>Exocoetidae</i> chloropterus (Valenciennes, 1847)	
		Cypselurus zaca (Seale,	

		1935)	
68	<i>Prognichthys tringa</i> (Breder, 1928)		
69	<i>Prognichthys sealei</i> (Abe, 1955)		
70	<i>Prognichthys glaphyrae</i> (Parin, 1999)		
71	<i>Prognichthys occidentalis</i> (Parin, 1999)		<i>Exocoetes gibbifrons</i> (non Valenciennes, 1847)



Lampiran 2. Morfologi ikan terbang *Exocoetidae* yang ditemukan pada perairan Selat Makassar selama penelitian berlangsung tahun 2019



Cheilopogon abei



Cypselurus callopterus



Cheilopogon intermedius



Exocoetidae monochirrus



Cheilopogon spilonotopterus



Cheilopogon nigricans



Oxyporhampus micropterus micropterus



Cheilopogon nigricans



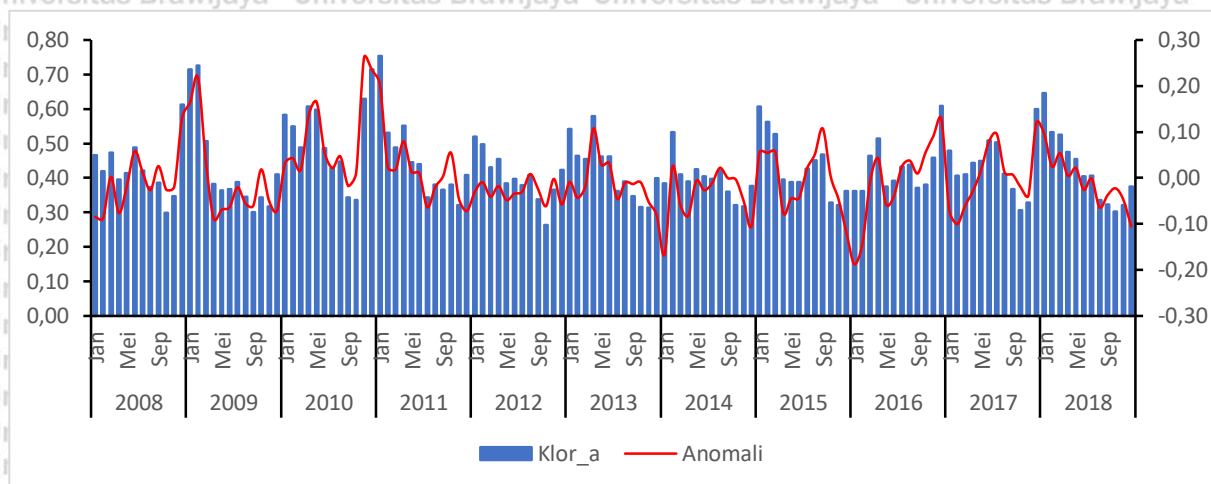
Cheilopogon spilonotopterus



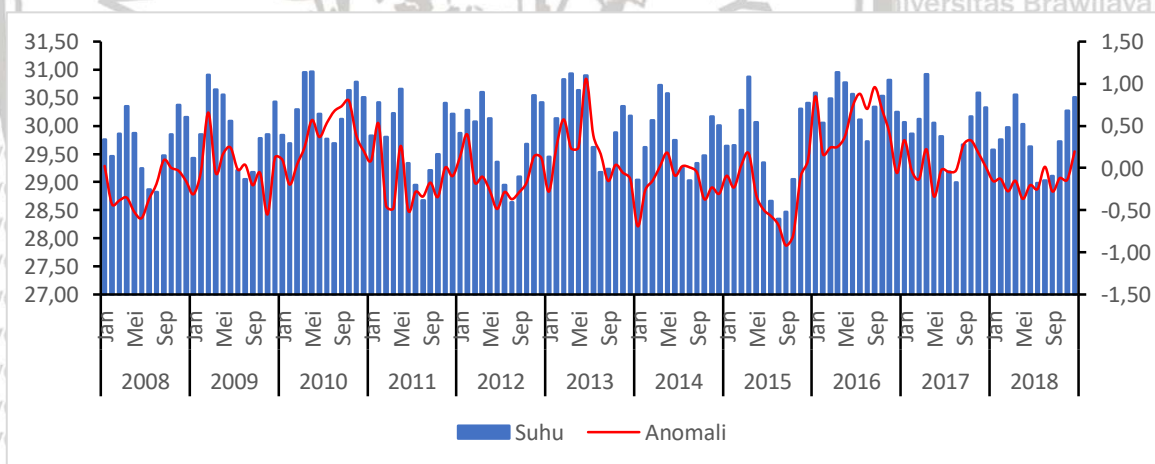
Hirundichthys speculiger

Lampiran 3. Hasil analisis trend sebaran suhu permukaan laut dan klorofil-a di Selat Makassar tahun 2008 hingga 2018

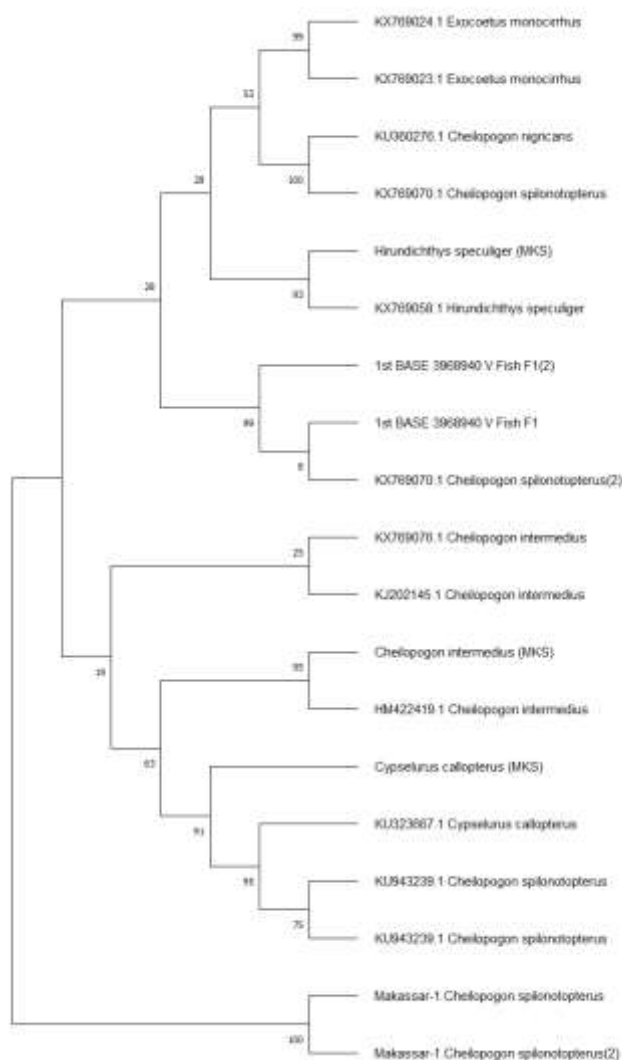
- Klorofil-a



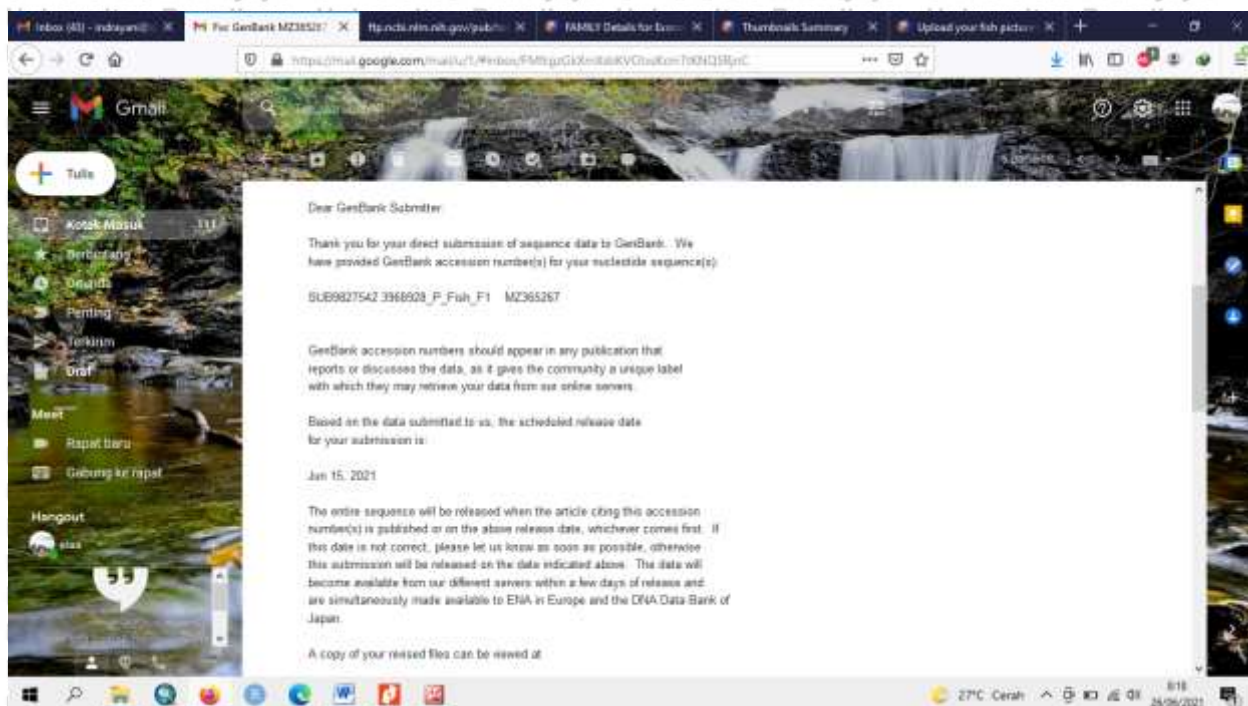
- Suhu permukaan laut



Lampiran 4. Hasil analisis pohon filogenetik untuk semua squen yang diperoleh dari Selat Makassar dengan data hasil BLAST yang diperoleh pada NCBI



Lampiran 5. Bukti hasil submit squens DNA ke NCBI



Lampiran 6. Bukti submit data spesies ke fishbase

